



Facultad de Odontología
Universidad Complutense de Madrid
Máster de Ciencias Odontológicas



Estudio morfológico de los efectos de distintos acondicionamientos del esmalte y la dentina sobre la eficacia de unión de un cemento autoadhesivo

Tutor: **D. Enrique García Barbero**
Alumna: **Carmen Fernández Trapero**



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Cementación	2
1.2. Cementos de resina autoadhesivos	4
1.3. Adhesión	6
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. HIPÓTESIS DE TRABAJO	11
4. OBJETIVOS	12
5. MATERIAL Y MÉTODO	13
6. RESULTADOS	19
7. DISCUSIÓN	40
8. CONCLUSIONES	49
9. BIBLIOGRAFÍA	50



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Cementación.

El cementado de las restauraciones indirectas en prótesis fija es uno de los pasos más importantes a la hora de lograr una adecuada retención, resistencia y sellado de la interfase entre el material restaurador y el diente. De ello depende la duración a largo plazo de la restauración en boca.

Los cementos odontológicos son materiales que presentan una reacción química de fraguado con alteración de su estado físico, de fluido o viscoso hasta un estado en el cual el material se encuentra rígido. Su función es promover la retención de la superficie interna de restauraciones indirectas a las irregularidades de la estructura dental, protegiendo los márgenes de la estructura dental remanente de la microfiltración de fluidos orales y/o bacterias¹.

En general, los cementos deben cumplir con las siguientes propiedades: biocompatibilidad, adhesividad, resistencia traccional, radiopacidad, baja o nula solubilidad, espesor de la película adecuado, baja viscosidad, capacidad anticariogénica, alta resistencia a la erosión y fácil manipulación^{1, 2}.

Los agentes cementantes se pueden clasificar en fosfato de zinc, ionómeros de vidrio, ionómeros de vidrio modificados con resina, compómeros cementantes (prácticamente en desuso) y los cementos de resina³. Estos últimos han sido clasificados de acuerdo al modo de activación en tres grupos: 1) Químicamente activados (auto-curado); 2) Fotoactivados; y 3) Cementos duales⁴.

Para algunos autores, los cementos de resina son teóricamente más deseables como agentes de fijación (cementación), porque son insolubles a los fluidos orales y producen una fuerza de unión mucho más alta en esmalte y dentina⁵. Sin embargo, su manejo es más complicado y susceptible a errores de técnica. Para adherir en esmalte o dentina deben de ser capaces de infiltrar estos tejidos, o usar un adhesivo previo, y



polimerizarse posteriormente. Para la formación de esta unión, el cemento debe de tener la propiedad de permitir la infiltración de los monómeros a través de un sustrato acondicionado previamente, ya sea el esmalte, a través de la unión micromecánica que proporciona el grabado ácido, o para formar la capa híbrida en el caso de la dentina⁶.

Con el cementado adhesivo se logran la mayoría de los objetivos descritos de manera más eficaz, para algunos autores, que con otros tipos de cemento. Además este tipo de cementado se puede emplear para restauraciones con escasa retención por fricción dada su mayor fuerza de unión⁷.

Ventajas del cementado adhesivo^{7,8}:

- Mejor estética: La estética de la restauración final se puede ver afectada por el cemento, en el caso de restauraciones de cerámica vítrea o de resina compuesta. En estos casos, la mayor similitud en el color de los cementos de resina, así como su mayor translucidez, se traduce en un mayor mimetismo del cemento con la restauración cementada.
- Mayor resistencia de las restauraciones, al proporcionarles un mayor soporte.
- Mayor retención de las restauraciones sobre todo en casos de escasa morfología retentiva del tallado eliminando, en ocasiones, la necesidad de tallar surcos o cajas.
- Mejor integridad marginal por el sellado de la interfase entre el diente y la restauración.

Los sistemas de cementado duales fueron desarrollados para conciliar las propiedades de los cementos de resina de autocurado y fotocurado, con el objetivo de tener un material que brinde un tiempo de trabajo más amplio y que sea capaz de reaccionar con un alto grado de conversión en ausencia o presencia de luz⁴. Por otro lado, estos cementos han mostrado tener una mayor resistencia frente a la carga oclusal⁹.



Tras el procedimiento de cementado se producen dos interfases. La primera está localizada entre las estructuras dentales y el cemento de resina, y la segunda entre el cemento de resina y la superficie interna de la pieza protésica. El establecimiento de una unión resistente y duradera entre el remanente dental y la restauración es importante para el aspecto biomecánico del conjunto diente-restauración. Para eso es necesario un tratamiento apropiado de las respectivas superficies (esmalte y/o dentina y composite o cerámica)¹⁰. De la misma manera, debe ser considerada la capa intermedia formada por el cemento de resina, cuya función es unir e interrelacionar el diente con la restauración debe ser considerada^{10, 11}.

El empleo de cementos de resina requiere la realización de un procedimiento adhesivo, mediante la ejecución de una serie de fases clínicas con el fin de acondicionar tanto la estructura dental como la superficie de restauración¹². Esto convierte el cementado en un procedimiento complicado y sensible a la técnica, debido al número de pasos a realizar^{12, 13}, dependiendo tanto de factores relativos al material y al operador¹⁴ y que con una ejecución inadecuada pueden dar lugar a problemas clínicos tales como la aparición de sensibilidad postoperatoria o incluso fracaso del tratamiento restaurador, por descementación o aparición de caries a consecuencia de la filtración⁵. Con el propósito de eliminar dificultades y simplificar la técnica de cementado, pero manteniendo las ventajas que ofrecen los cementos de resina, han surgido en la última década los denominados cementos de resina autoadhesivos.

1.2. Cementos de resina autoadhesivos.

Los cementos de resina autoadhesivos fueron introducidos en Odontología la pasada década. Se definen como cementos basados en un contenido polimérico diseñado para adherirse a la estructura dentaria sin el requerimiento de un adhesivo previo.

El mayor beneficio de estos materiales es la simplicidad de su aplicación. Surgen como alternativa a los cementos de resina convencionales, que requieren el



empleo de un adhesivo previo, ya sea del tipo de grabado total, o de tipo autograbante, en un intento de reducir los pasos clínicos y reducir la sensibilidad de la técnica mejorando la calidad de la adhesión^{10, 13, 15, 16, 17}. La principal meta es combinar el fácil manejo y la autoadhesión de los cementos convencionales con las propiedades mecánicas, adhesivas y estéticas superiores de los cementos de resina¹³. La aplicación de los cementos autoadhesivos se resume en un solo paso clínico: tras la mezcla de las pastas base y catalizadora o tras la activación de las cápsulas monodosis, el material se aplica directamente sobre las superficies a adherir.

Los cementos de resina autoadhesivos tienen una naturaleza similar a los compómeros, siendo la principal diferencia la concentración de monómero ácido, además, el contenido de relleno es menor¹⁸. Los monómeros funcionales acídicos que contiene son: bien grupos carboxílicos, tipo dimetacrilato glicerol piromelítico (PMGDM) o anhídrico 4-metacriloxietil trimelítico (4-META) o grupos fosfato acídicos, como el 2 metacriloxi-etil-fenil hidrógeno fosfato (Fenil-P), 10 metacriloxidecil-dihidrógeno fosfato (MDP) o dipenta-eritrol-pentacrilato monofosfato (Penta-P). La selección de monómero acídico es de vital importancia por la formación de una sal sólida relativamente insoluble en medio acuoso entre el calcio y el MDP, mientras que el 4-META y Fenil-P produce una unión al calcio con mayor estabilidad y limitada disolución. La concentración de monómeros acídicos debe ser equilibrada para proporcionar suficiente capacidad de autograbado, pero no excesiva para moderar la hidrofilia del material. Estos monómeros acídicos hidrofílicos permiten desmineralizar e infiltrar simultáneamente esmalte y dentina, sin ningún tipo de pretratamiento del sustrato, de modo similar a los adhesivos de autograbado, proporcionando adhesión al sustrato dentario. Los materiales de relleno utilizados están compuestos por combinaciones a partir fluoroaluminoborosilicato de bario, aluminosilicato de calcio y estroncio, cuarzo, sílice coloidal, iterbio, flúor y otras sustancias de relleno de vidrio. La superficie de disolución parcial de vidrio sirve para neutralizar la acidez de resina y es capaz de entregar iones de sodio, calcio, silicato y fluoruro que pueden, o bien tomar parte de la reacción de fraguado o ser puesto en libertad a nivel local.



1.3. Adhesión.

La adhesión se define como el estado en el que dos superficies se mantienen unidas mediante fuerzas o energías interfaciales basadas en mecanismos químicos, mecánicos o ambos, con la mediación de un adhesivo. La superficie o sustrato que se adhiere es denominado adherente. El adhesivo se define como el material que una vez aplicado sobre las superficies de dos sustancias es capaz de mantenerlas juntas, resistiendo a su separación y el espacio que hay entre estas dos superficies se denomina interfase⁷.

El mecanismo de adhesión consta de una retención micro-mecánica producida por la infiltración de la resina hidrofílica en el sustrato previamente desmineralizado por la resina ácida, y una interacción química entre los monómeros ácidos del cemento y el componente mineral (hidroxiapatita) de la dentina^{19, 20, 21, 22}. Como consecuencia de la simplificación de su aplicación, el cemento debería ser capaz de desmineralizar e infiltrar el sustrato de manera simultánea, actuando aún en presencia del barrillo dentinario^{19, 23, 24}.

Por otro lado, el mecanismo de polimerización se realiza tras la exposición a la luz polimerizable o según un mecanismo de quimiopolimerización, ya que estos cementos pertenecen a la clase de los cementos de tipo dual²⁵.

El mecanismo de adhesión se considera eficaz cuando existe una íntima relación entre cemento y dentina. Cuando el sistema de cementado prevé el uso de un adhesivo de grabado total, esta unión se basa en la remoción del componente mineral de la dentina para crear una zona desmineralizada de 1,5 μm , sin dañar las fibras de colágeno que permanecen formando una red. Este objetivo se logra a través de soluciones ácidas. El grabado ácido permite, además de lo anterior expuesto, eliminar el barrillo dentinario, que ha sido considerado uno de los factores que pueden limitar la infiltración de la resina en los túbulos dentinarios abiertos²⁶. La interacción directa entre la resina con la dentina, presupone que el material resinoso pueda rellenar los espacios dejados por la remoción de los componentes minerales, infiltrando los



túbulos dentinarios y estabilizando la matriz de colágeno para formar una capa híbrida entre resina y dentina^{6, 27, 28,29}. La capa híbrida es una mezcla a nivel molecular de colágeno y polímeros de resina⁶. Dicha estructura es preparada en la subsuperficie de la dentina condicionada por la polimerización de los monómeros de resina impregnados en la matriz de la dentina desmineralizada. La formación de la capa híbrida ha sido considerada el mecanismo clave del proceso de adhesión, ya que determina una retención micromecánica entre la resina y la dentina grabada¹².

La adhesión a las estructuras dentales sin previo tratamiento es relatada por los fabricantes como el mayor atractivo de estos materiales. En esta adhesión, además del componente micromecánico por la trabazón producida entre la resina y el sustrato dentario grabado e infiltrado, existe un componente de unión químico: los grupos ácidos se unen al calcio de la hidroxiapatita formando uniones estables entre la red de metacrilatos y el diente¹⁸. De acuerdo con Gerth y cols. (2006)²² el mecanismo de adhesión del RelyX Unicem[®] y del cemento de resina Bifix[®] (Voco[®], Cuxhaven, Alemania) a la hidroxiapatita sintética, ocurre por la interacción de los átomos de calcio de la hidroxiapatita sintética con los grupos funcionales de los cementos a través de enlaces iónicos. Tras la mezcla, los cementos son claramente hidrofílicos, pero se vuelven más hidrofóbicos conforme la acidez se va consumiendo a través de la reacción con el calcio del diente y determinados componentes metálicos del relleno del cemento.

Si bien, es evidente que la aplicación de estos cementos es un proceso que resulta sencillo, la ausencia de pretratamiento del sustrato dentario hace que el sistema adhesivo que incorpora el cemento deba actuar a través del barrillo dentinario derivado de la preparación del diente, lo cual puede repercutir negativamente en la adhesión.

El "barrillo dentinario" o "smear layer" fue descrito por primera vez por Boyde en 1963, como consecuencia de la acción del instrumental rotatorio durante las preparaciones cavitarias. Posteriormente se observó también en los conductos instrumentados durante tratamiento endodóntico, como demostraron Mc Comb y



Smith³⁰, señalando que estaba constituida por dos fases, una orgánica y otra inorgánica. El componente orgánico lo forman restos de tejido necrótico o no, bacterias, células sanguíneas, fibras de colágeno de la dentina e incluso prolongaciones dentinoblásticas. El componente inorgánico lo constituyen las virutas o partículas de los tejidos duros del diente, en este caso de dentina, compuestas por hidroxiapatita que se desprenden durante la instrumentación, y que unido a los fluidos orales y a los líquidos de irrigación, forman una sustancia más o menos homogénea. Esta capa formada sobre la superficie dentinaria se divide en dos partes: una superficial que se deposita sobre la dentina intertubular y los orificios de los túbulos que es delgada y fácil de eliminar, y otra segunda que es intratubular que ocluye los túbulos y está fuertemente adherida. El grado de penetración de esta capa intratubular oscila entre 1-2 mm a un máximo de 40 mm, siendo la media de 10 mm.

Los cementos autoadhesivos podrían interactuar con la dentina superficial, dando lugar a la desmineralización de la capa de barrillo dentinario y formando *tags* de resina cortos³¹, sin embargo, este mecanismo de unión podría resultar relativamente pobre con la posibilidad de formación de defectos de cohesión en el adhesivo²⁴. Desde un punto de vista teórico podría mejorarse la adhesión de los cementos autoadhesivos pretratando la dentina de alguna manera que facilite el acceso de los monómeros hidrofílicos del cemento al sustrato dentinario, aunque los resultados publicados hasta ahora en este sentido muestran resultados contradictorios¹⁸.

Los cementos autoadhesivos se emplean para la fijación indirecta de coronas, puentes, inlays, onlays, postes de canales radiculares de cerámica, circonio y metal... tanto en dientes vitales como desvitalizados. Pese a que la mayoría de los estudios se realizan sobre dientes vitales, consideramos interesante estudiar el mecanismo íntimo de actuación de estos cementos en dientes endodonciados. Los dientes endodonciados pierden la vitalidad y esto afecta a la resistencia intrínseca del diente natural y por tanto se vuelven más frágiles. Aunque algunos estudios³² no han encontrado diferencias significativas en cuanto a fracturas aplicando fuerzas de compresión “in vitro”, la mayoría de los autores aceptan que los dientes endodonciados se fracturan mucho más que los dientes vitales. Existen diversas causas



que explican este aumento de la fragilidad de los dientes endodonciados: por una parte, se produce una disminución global de la hidratación, especialmente de la dentina^{33, 34}. El diente se reseca y pierde flexibilidad; por otra parte el diente endodonciado es un diente con gran pérdida de estructura dentaria, especialmente de dentina; además, en los dientes endodonciados el ligamento periodontal se anquilosa, perdiendo, por tanto, la capacidad de absorción o amortiguación de las fuerzas oclusales³⁵. Todo esto lleva a que con mucha frecuencia se considere la restauración indirecta con recubrimiento cuspidado, mediante onlays o coronas, como la opción de tratamiento más adecuada con el fin de preservar la estructura dentaria remanente. El cementado adhesivo puede, en estos casos, al proporcionar un mejor soporte a la restauración y a la vez adherirse al diente, contribuir a conseguir una unidad estructural entre el diente y la restauración, con una mayor resistencia final de todo el sistema.



2. JUSTIFICACIÓN

Los cementos auto-adhesivos son materiales interesantes desde el punto de vista clínico, ya que permiten realizar en un solo paso el cementado adhesivo de las restauraciones indirectas, al incorporar en un único producto los componentes necesarios para modificar e infiltrar el sustrato dental y cumplir simultáneamente con los requerimientos del material cementante. Esto da lugar a un procedimiento clínico más sencillo, estandarizado y menos susceptible a errores de técnica que en el caso de los cementos de resina convencionales, que requieren el empleo de un adhesivo previo. Hasta el momento existen pocos estudios que analicen el comportamiento de este tipo de materiales. En particular, existen dudas sobre la eficacia adhesiva de este tipo de cementos cuando el sustrato dentinario no ha sido tratado previamente, y se encuentra por tanto cubierto por el barrillo dentinario o *smear layer*. La presencia de este barrillo constituye un obstáculo para el establecimiento de una unión efectiva, química y micromecánica. La eliminación parcial o total de este barrillo mediante el empleo de sustancias ácidas acondicionadoras, podría facilitar la interacción entre el cemento y la dentina, mejorando así la adhesión. Por lo tanto, es importante estudiar el efecto de los diferentes tratamientos acondicionadores de la dentina sobre la interfase adhesiva al emplear este tipo de cementos. Asimismo, es importante comparar las interfases a la que dan lugar estos cementos autoadhesivos empleando los distintos acondicionamientos de la dentina, con la interfase teóricamente ideal que daría lugar el empleo de un adhesivo previo al cemento.



3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La hipótesis nula de la prueba es que la aplicación de diferentes tratamientos acondicionadores destinados a eliminar o modificar el smear layer, así como la aplicación de sistemas adhesivos previos a la aplicación del cemento autoadhesivo, no influyen en las características morfológicas de la interfase cemento autoadhesivo-sustrato dentario.



4. OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

1. Determinar, desde el punto de vista morfológico, el efecto que producen sobre la superficie dentaria de dientes endodonciados, diferentes tratamientos acondicionadores de la misma.
2. Evaluar el comportamiento adhesivo sobre el sustrato dentario (esmalte y dentina) de un cemento de resina autoadhesivo, y la influencia que los citados tratamientos previos de dicho sustrato pueden tener sobre esta adhesión.
3. Determinar si la aplicación de un adhesivo dentinario autograbante mejora desde el punto de vista morfológico las características de las interfases entre el cemento autoadhesivo y el sustrato dentario.



5. MATERIAL Y MÉTODO

El estudio consta de dos partes: en la primera se analizó el efecto de distintos acondicionamientos sobre la superficie dentaria, para valorar de un modo directo los resultados de cada uno de los tratamientos previos sobre el diente, y en la segunda se estudió el efecto de los mismos sobre la interfase adhesiva, tras el cementado. Los acondicionadores empleados fueron: hipoclorito sódico al 5%, EDTA 0,1M, y ácido ortofosfórico al 35%.

El trabajo se realizó sobre dientes naturales: En total se emplearon 16 primeros molares inferiores, libres de caries y restauraciones, extraídos por motivos periodontales. Los dientes se mantuvieron en 0,5% de cloramina durante un periodo de tiempo máximo de 2 meses, antes de su utilización. Posteriormente se realizó el tratamiento de conductos, mediante instrumentación manual y obturación con gutapercha, con técnica de condensación lateral. La cavidad de apertura fue finalmente obturada con resina compuesta microhíbrida (CT Cyber Single Coat[®], DE Healthcare Products, Gillingham, U.K.). Los dientes así preparados se almacenaron en suero fisiológico hasta su utilización.

Para la primera parte del estudio se emplearon 4 molares elegidos al azar, se realizaron cortes de cada uno de ellos con una cortadora (EXAKT[®] Apparatebau, Alemania), en sentido mesio-distal, de 2mm de espesor. Los dientes se fijaron en la máquina con una palomilla superior y otra inferior, a una altura que estuviera en la zona media de la cuchilla, de manera que quedara fija, y con un motor adicional se desplazaba hacia delante y atrás hasta colocarla en la zona donde se realizó el corte, siempre utilizando agua como refrigerante durante el proceso. Una vez cortadas se fijaron en un porta con cianoacrilato. Posteriormente se trató la superficie con los distintos agentes empleados:

- Tratamiento de la superficie dentaria con hipoclorito sódico al 5% durante 30 segundos, seguido de lavado con agua durante 30 segundos y secado con aire.



- Tratamiento de la superficie dentaria con 0,1M EDTA, aplicación durante 60 segundos, lavado posterior con agua durante 30 segundos y secado con aire.
- Tratamiento de la superficie con ácido ortofosfórico al 35% durante 15 segundos, y lavado posterior con agua durante 30 segundos y secado con aire.
- Superficie dentaria sin tratamiento. Sólo lavado con agua y secado con aire.

Finalmente, las superficies resultantes se sometieron a metalización con oro para su examen en el microscopio electrónico de barrido.

Para la segunda parte del estudio se emplearon los 12 molares restantes. Una vez realizados los tratamientos de conductos, cada uno de los dientes se talló para la colocación de una corona de resina. El tallado se realizó con fresas de diamante de turbina, de grano grueso 289-012 (HORICO®, banda verde, 8mm) y 835-010 (Proclinic®, banda verde), con abundante refrigeración con agua, tallando hasta 1 mm por debajo del límite amelo-dentinario, con una conicidad de 6° hacia la superficie oclusal y acabado en forma de chamfer. Se tomaron impresiones, de cada uno de los dientes, con silicona de adicción (Elite HD + Putty Soft Fast Setting®, Zhermack S.p.A., Italia), empleando cubetas unitarias de plástico, y se envió al laboratorio para elaborar unas coronas de recubrimiento total de resina acrílica Ivocron® (Ivoclar-Vivadent Schaan, Liechtenstein) (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de la resina acrílica de las coronas.

Composición Ivocron ®	
SR Ivocron Press Liquid	SR Ivocron Polvo
Metacrilato de metilo (50-100%). Dimetacrilato de etileno (2,5-10%).	Polvo de polimetilmetacrilato, pigmentos y catalizadores. < 1% Peróxido de benzoilo.



Los dientes se distribuyeron aleatoriamente en 6 grupos, de acuerdo al tratamiento acondicionador realizado, y a la aplicación o no de adhesivo. En cada caso, el tratamiento se realizó sólo en la cara vestibular del diente y alcanzando la mitad de la cara oclusal, dejando el resto de la cara oclusal y la cara lingual sin acondicionamiento, para ser empleadas dichas superficies como control negativo. Los grupos formados fueron los siguientes:

- **Grupo 1:** Tratamiento de la superficie dentaria con hipoclorito sódico al 5% durante 30 segundos, seguido de lavado con agua durante 30 segundos y secado con aire.
- **Grupo 2:** Tratamiento de la superficie dentaria con 0,1M EDTA, aplicación durante 60 segundos, lavado posterior con agua durante 30 segundos y secado con aire.
- **Grupo 3:** Tratamiento de la superficie con ácido ortofosfórico al 35% durante 15 segundos, y lavado posterior con agua durante 30 segundos y secado con aire.
- **Grupo 4:** Tratamiento de la superficie con ácido ortofosfórico al 35% durante 15 segundos, lavado profuso con agua durante 30 segundos y eliminación del exceso de esta mediante secado suave con aire; seguidamente, mediante un micropincel, aplicación sobre la superficie una capa de adhesivo autograbante (Futurabond DC®, Voco, Cuxhaven, Alemania), y tras dejar actuar por 10 segundos, eliminación de los excesos con aire y polimerización durante 20 segundos.
- **Grupo 5:** sin tratamiento de la superficie; sólo lavado con agua y secado con aire; seguidamente, aplicación con un micropincel del adhesivo autograbante (Futurabond DC® Voco, Cuxhaven, Alemania), y tras dejar actuar durante 10 segundos, eliminación de los excesos con aire y polimerización durante 20 segundos.
- **Grupo 6:** Grupo control: sin tratamiento. Sólo lavado con agua y secado con aire.

Tabla 2: Tratamientos acondicionadores de las superficies dentarias de los diferentes grupos de estudio.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
Hipoclorito	EDTA	Ortofosfórico	Ortofosfórico + Adhesivo	Adhesivo	Control
30 seg.	60 seg.	15 seg.	15 seg.	---	---
Lavar	Lavar	Lavar	Lavar	Lavar	Lavar
Secar	Secar	Secar	Secar Aplicar adhesivo (según especific. del fabricante)	Secar Aplicar adhesivo (según especific. del fabricante)	Secar

Posteriormente en cada diente se procedió al cementado de la corona de resina previamente elaborada. Para ello se colocó una capa de cemento de resina autoadhesivo, de curado dual cuya capacidad adhesiva deriva de la acidez e hidrofilia de los grupos fosfato ácido, objeto del estudio (Bifix SE® Voco, Cuxhaven, Alemania) (Tabla 3), sobre la corona, empleando una jeringa con terminal de automezcla, y se posicionó sobre la superficie dentaria, ejerciendo una presión manual constante, durante 4 minutos, después de los cuales se procedió a la fotopolimerización de la interfase durante 40 segundos por cada uno de los 4 lados de la muestra con una lámpara Astralis 5® (Ivoclar-Vivadent Schaan, Liechtenstein).

Tabla 3. Composición cemento autoadhesivo Bifix SE®.¹⁸

Cemento	Fabricante	Composición
Bifix SE	Voco, Cuxhaven, Germany	Bis-GMA, UDMA, Gly-DMA, monómeros fosfato acídicos, iniciadores, estabilizadores, relleno de vidrio, sílice (relleno = 70 %; volumen = 61 %; tamaño de partículas = 2µm)



Una vez cementadas las coronas, los dientes se almacenaron en agua a temperatura ambiente durante 7 días. Posteriormente, se procedió a realizar cortes en cada una de las muestras con una cortadora (EXAKT® Apparatebau, Alemania), en sentido vestibulo-lingual, de 2mm de espesor, obteniendo 3 muestras de estudio de cada uno. Las muestras se fijaron en la máquina con una palomilla superior y otra inferior, a una altura que estuviera en la zona media de la cuchilla, de manera que quedara fija, y con un motor adicional se desplazaba hacia delante y atrás hasta colocarla en la zona donde se realizó el corte, siempre utilizando agua como refrigerante durante el proceso.

Las muestras una vez cortadas se fijaron en un porta con cianoacrilato y después se procedió al pulido de las mismas mediante una pulidora de discos de diamante (Struers® Dap-6, Dinamarca) y se emplearon discos de grano abrasivo decreciente. Se colocó el primero, el de grano de 200 grits, y se posicionó la muestra perpendicular a la dirección del corte que realizamos con la cortadora, con esta primera lija no se insistió demasiado para evitar gran desgaste de la preparación, se miró con la lupa para observar la rugosidad de la superficie; luego se procedió con un disco de grano menor (#400) y se colocó la muestra perpendicular a la posición que mantuvimos con el disco anterior, girando en sentido de las agujas del reloj; por último, se colocó el disco de lija de grano más fino (#800) y se colocó la muestra perpendicular al corte anterior. Se miró con la lupa para comprobar la inexistencia de rugosidades en la superficie de la muestra.

Las superficies de corte de las preparaciones se lavaron y trataron con ácido ortofosfórico al 35% durante 15 segundos, para eliminar el barrillo creado en los cortes de las fresas y tras el pulido con los discos, seguido por un profuso lavado con agua, para facilitar la visualización de los especímenes.

Las muestras fueron metalizadas con oro durante 10 minutos, para su examen al microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6400 (Tokyo, Japón). Se obtuvieron imágenes a aumentos: 100X, 500X y 1000X de modo sistemático, y con mayores



aumentos (2000X y 3000X) en casos puntuales para visualizar detalles concretos. La valoración de las muestras se hizo de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Existencia de soluciones de continuidad en la interfase, cuantificada en forma de porcentaje respecto a la longitud total de la interfase estudiada. Se realizó en las imágenes obtenidas a 100X, y se extrapoló a toda la muestra. Para determinarlo establecemos intervalos:
 - A: 0 a 25%
 - B: 26 a 50%
 - C: 51 a 75%
 - D: 76 a 100%
- Existencia y grosor de la capa híbrida, medido en micras (μ), en las imágenes 500X y 1000X.
- Espesor de la capa de cemento, medido en micras (μ), en las imágenes 100X. Se cuantificó la zona de mayor espesor y la del espesor mínimo, en cada una de las imágenes a 100X, se sacaron tres datos de cada muestra y se obtuvieron así seis mediciones de cada corte, 18 mediciones en total. Posteriormente se realizó la media.
- Profundidad de penetración en la dentina, cuantificado en micras (μ) en las imágenes 500X y 1000X.
- Formación de prolongaciones de resina o *tags* en el interior de los túbulos dentinarios, observándolo en las imágenes a 500X y 1000X.

6. RESULTADOS

➤ *Primera parte: efecto de los diferentes acondicionadores.*

En primer lugar, presentamos los resultados correspondientes a las muestras de superficies dentarias tratadas con los acondicionamientos empleados en los diferentes grupos: hipoclorito sódico, EDTA, ácido ortofosfórico y control, sin tratamiento acondicionador.

En las superficies tratadas con hipoclorito sódico, 30 segundos, (Figs. 1 y 2), existe una importante cantidad de residuos, tanto en esmalte como en dentina, donde se aprecia con claridad la existencia del smear layer, que no ha sido removido por el agente acondicionador (Fig. 1). Ambas superficies se encuentran cubiertas por una capa homogénea de barrillo que impide visualizar la superficie del tejido.

En las superficies sometidas a tratamiento con 0,1M EDTA, durante 60 segundos, (Figs. 3 y 4), se aprecia una mayor limpieza de la superficie, tanto en esmalte como en dentina, con escasa cantidad de smear layer, pero sin que puedan verse los túbulos dentinarios. La capa de barrillo se cuarteas por efecto del vacío del microscopio electrónico de vacío (Fig. 4). El que pueda apreciarse el rallado producido por el fresado del corte implica que la capa de residuos es más fina. No se ven aglomerados de partículas como en el grupo 1.

En superficies sometidas a tratamiento con ácido ortofosfórico al 35% durante 15 segundos, (Figs. 5, 6 y 7), el esmalte se ve limpio, y se aprecia el relieve de los primas en la superficie. En dentina, se pueden observar los túbulos dentinarios abiertos, con muy escasa presencia de restos de barrillo. Hay ausencia de los residuos observados en las preparaciones con hipoclorito y EDTA descritas anteriormente.

En las superficies examinadas sin tratamiento, (Figs. 8 y 9), tanto el esmalte como la dentina se encuentran cubiertos de residuos, como consecuencia de la preparación dentaria. Se aprecia el aspecto amorfo, irregular y granular del barrillo



dentinario, formado por el desprendimiento y recalentamiento de los componentes superficiales de la pared dentaria durante la preparación. No pueden destacarse diferencias respecto a las preparaciones del grupo 1.

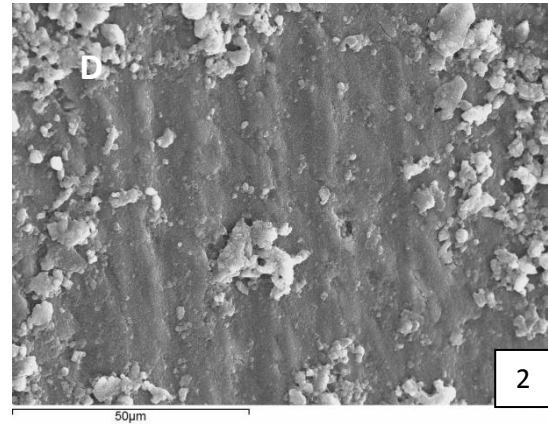
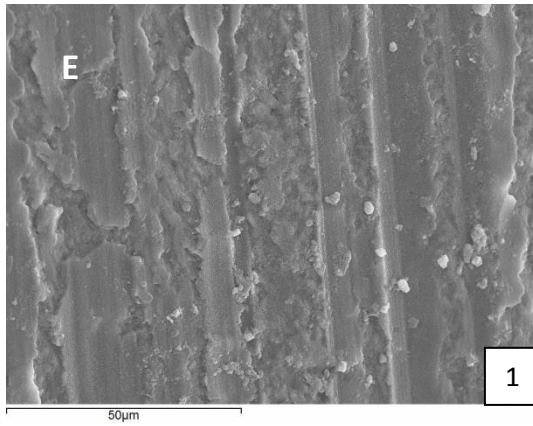


Fig. 1: Superficie de esmalte de la cara vestibular, sometido a tratamiento con hipoclorito sódico. Aumentos: 1000X.

Fig. 2: Superficie de dentina de la cara vestibular, sometido a tratamiento con hipoclorito sódico. Aumentos: 1000X.

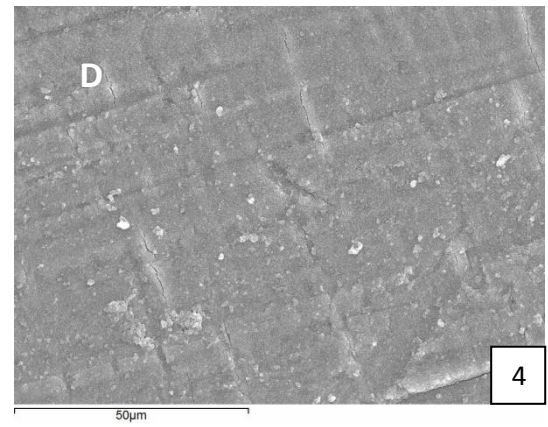
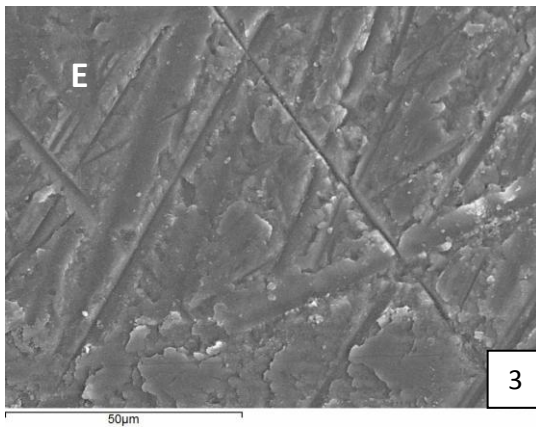


Fig. 3: Superficie de esmalte de la cara vestibular, sometido a tratamiento con 0,1M EDTA. Aumentos: 1000X.

Fig. 4: Superficie de dentina de la cara vestibular, sometido a tratamiento con 0,1M EDTA. Aumentos: 1000X.

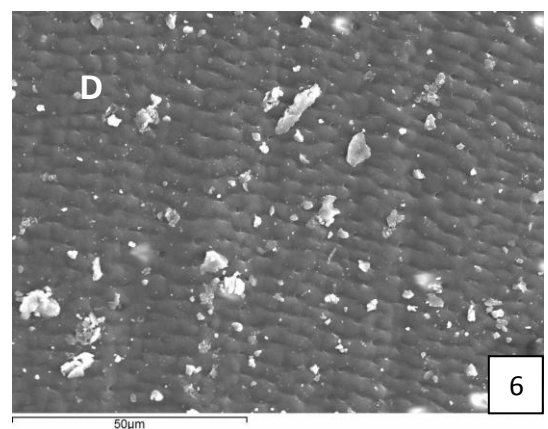
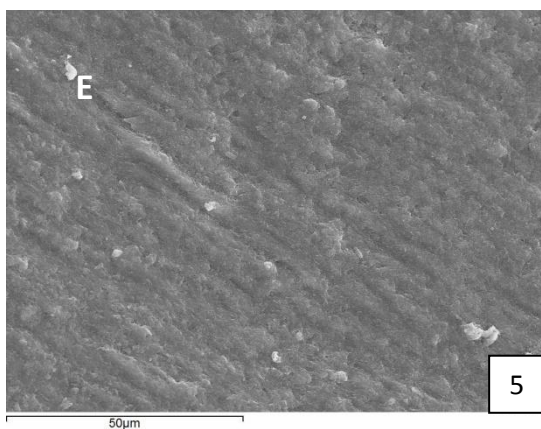


Fig. 5: Superficie de esmalte de la cara vestibular, sometido a tratamiento con ácido ortofosfórico. Aumentos: 1000X.

Fig. 6: Superficie de dentina de la cara vestibular, sometido a tratamiento con ácido ortofosfórico. Aumentos: 500X.

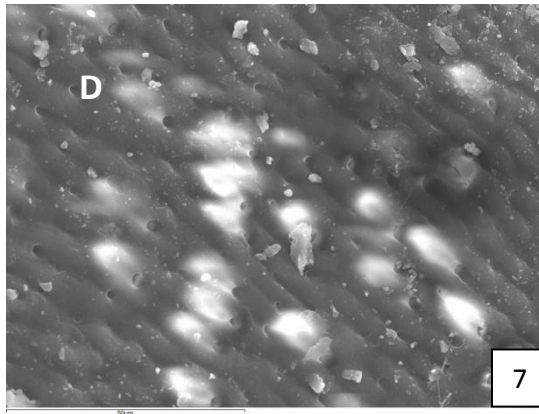


Fig. 7: Superficie de dentina de la cara vestibular, sometido a tratamiento con ácido ortofosfórico. Aumentos: 1000X.

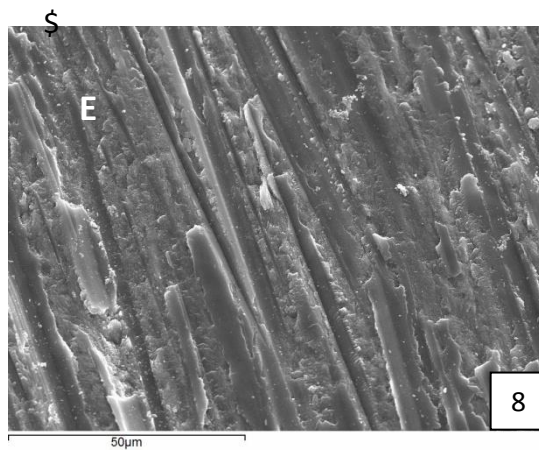


Fig. 8: Superficie de esmalte de la cara vestibular, sin tratamiento. Aumentos: 1000X.

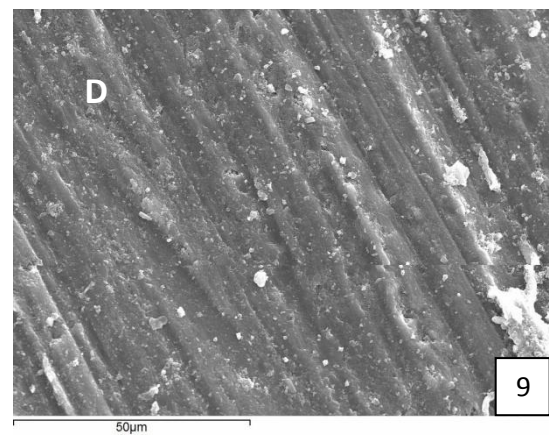


Fig. 9: Superficie de dentina de la cara vestibular, sin tratamiento. Aumentos: 1000X.

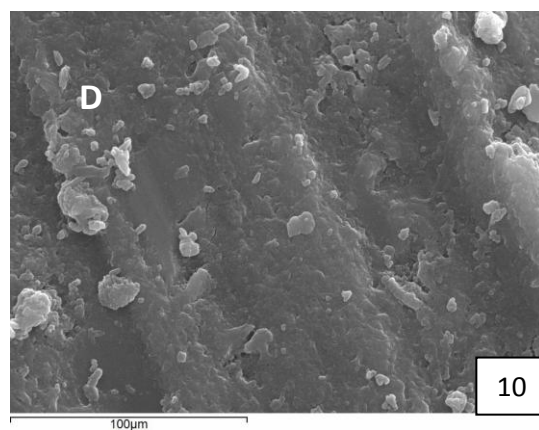


Fig. 10: Superficie de dentina de la cara vestibular, sin tratamiento. Aumentos: 500X. Se aprecia perfectamente la capa de barrillo dentinario.



➤ *Segunda parte: estudio de las interfases adhesivas.*

A continuación presentamos los resultados de las muestras preparadas a partir de cortes, tras el cementado de las coronas, para los diferentes grupos:

En el grupo 1, en el que el sustrato dentario fue tratado con hipoclorito sódico al 5%, existe una muy escasa remoción del barrillo dentinario. La solución de continuidad registrada en las muestras se encuentra en los valores determinados en el subgrupo D, entre el 76 y 100% de la longitud total de la interfase estudiada (Fig. 11). La interfase dentina-cemento y esmalte-cemento estaba cerrada entre el 0 y el 25%, con una unión íntima entre ambos sustratos, pero sin imbricación del cemento y, por tanto, inexistencia de capa híbrida (Fig. 12).

En cuanto al espesor de la capa de cemento en este grupo de muestras, oscila entre 31 μ , en la zona más estrecha, y 330 μ , en la zona más ancha. La media de las medidas tomadas del espesor de cemento, registradas a lo largo de las interfases dentina y esmalte-cemento y corona-cemento es de 164 μ .

No se registró ninguna zona de penetración del cemento en la dentina y, por tanto, no existe formación de *tags*.

En el grupo 2, la superficie fue tratada con EDTA 0,1 M. La remoción del smear layer no es suficiente, no dejando permeables los túbulos dentinarios. La solución de continuidad registrada pertenece a los valores del subgrupo D, entre el 76 y 100% (Fig. 17). Las zonas de mayor unión entre los sustratos (Fig. 18) no refleja una adaptación íntima, tras la contracción de polimerización del cemento esta unión se rompe, quedando una superficie irregular tanto en la dentina como en el cemento (prolongaciones del cemento).

El espesor de la capa de cemento varía entre 31 μ en la parte más estrecha, y 330 μ en la parte más ancha. La media de todos los registros del espesor es de 182,37 μ .



No se halló ninguna zona de penetración del cemento, ni en esmalte, ni en dentina, ni formación de prolongaciones o *tags* de resina.

En el grupo 3, la superficie fue tratada con ácido ortofosfórico al 35%. La solución de continuidad que se registró pertenece a los valores del subgrupo A, entre el 0 y el 25% (Fig. 23). En este grupo de muestras destacó la formación de una franja a lo largo de la interfase, en la zona de la dentina, que es indicativo de la difusión del cemento sobre la dentina. A lo largo de la interfase encontramos ambos sustratos unidos de manera superficial (Fig. 24) y la formación de algunos *tags* de resina.

El espesor de la capa de cemento oscila entre 4μ y 369μ . La media de las medidas registradas es de 159μ .

La profundidad de penetración en la dentina en este grupo no fue posible calcular debido a que no se obtuvo ningún corte óptimo para ello.

En el grupo 4, la superficie fue tratada con ácido ortofosfórico al 35% y posteriormente se aplicó un adhesivo. La solución de continuidad de la interfase subgrupo A. La unión del cemento a esmalte y dentina es perfecta en toda la longitud de la interfase, existe una unión íntima con imbricación (Fig. 37 y 38).

El espesor de la capa de cemento oscila entre 286μ en la zona más ancha, y 86μ en la zona más estrecha. La media de las medidas registradas es de 120μ .

La profundidad de penetración del cemento en la dentina es de aproximadamente 22μ ; se observó capa híbrida y formación de *tags* de resina en la dentina a lo largo de toda la interfase, con unas longitudes aproximadas de entre 16μ y 21μ (Figs. 39 y 40).

En el grupo 5, la superficie no recibió ningún tratamiento acondicionador, sólo lavado y secado y colocación posterior de un adhesivo de autograbado. La solución de continuidad de la interfase registrada corresponde al subgrupo A, entre 0 y 25%. Se



registró una unión íntima entre ambos sustratos, con alguna zona de separación (Fig. 47) debido a la formación de vacíos y burbujas en el cemento. A nivel del esmalte (Figs. 44 y 46) parece una unión más pobre con separación de las superficies, pero esta impresión se debe a la formación de un escalón entre el cemento y esmalte debido al grabado posterior con ácido ortofosfórico, para facilitar la visualización del espécimen.

El espesor de la capa de cemento oscila entre varía entre 200 y 274 μ , el mínimo grosor y máximo registrado, respectivamente. La media de las medidas tomadas es de 212 μ .

No se detectó penetración de cemento en la dentina, ni formación de *tags* de resina en las muestras con este tratamiento.

En el grupo 6, la superficie no recibió ningún tratamiento, sólo fue lavada con agua y secada con aire. La solución de continuidad en la interfase registrada corresponde al subgrupo D, entre el 76 y el 100% (Fig. 49); prácticamente abierta en la totalidad de la longitud recorrida, pero determinadas zonas sí se registró unión íntima entre las superficies (Fig. 59).

El espesor de la capa de cemento oscila entre 461 μ en la zona más ancha, y 392 μ en la zona más estrecha. La media de las medidas registradas es de 272 μ .

No se detectó penetración del cemento en la dentina, ni formación de *tags* de resina.

Las medidas registradas de los diferentes grupos de estudio se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Resultado de las medidas registradas de los diferentes grupos de estudio.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
	HIPOCLORITO	EDTA	ORTOFOSFÓRICO	ORTOFOSFÓRICO + ADHESIVO	ADHESIVO	CONTROL
Solución de continuidad en la interfase	Subgrupo D	Subgrupo D	Subgrupo A	Subgrupo A	Subgrupo A	Subgrupo D
Existencia y grosor de la capa híbrida	No	No	No	Sí 10μ	No	No
Espesor de la capa de cemento	164μ	182μ	159μ	120μ	212μ	272μ
Profundidad de penetración en la dentina	0μ	0μ	NR	22μ	0μ	0μ
Formación de tags	No	No	Sí	Sí	No	No

* *E: Esmalte; D: Dentina; C: Cemento; CO: Corona.*

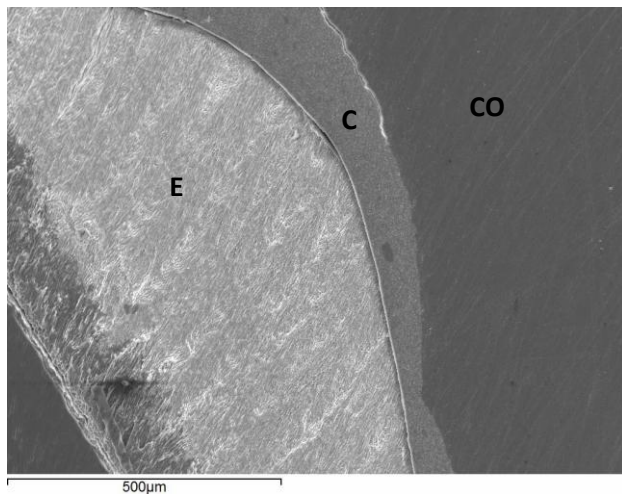


Fig. 11. Grupo 1. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con Hipoclorito al 5%. Corte perpendicular al plano oclusal. Se observa la interfase esmalte-cemento abierta (aproximadamente el 50% de la longitud); la interfase cemento-corona está prácticamente cerrada en su totalidad, salvo la zona superior de la imagen en la que se observa una pequeña grieta que puede ser debido a la contracción del cemento al fraguar. El espesor de la capa de cemento varía desde 330µ en la zona más ancha, hasta 31µ

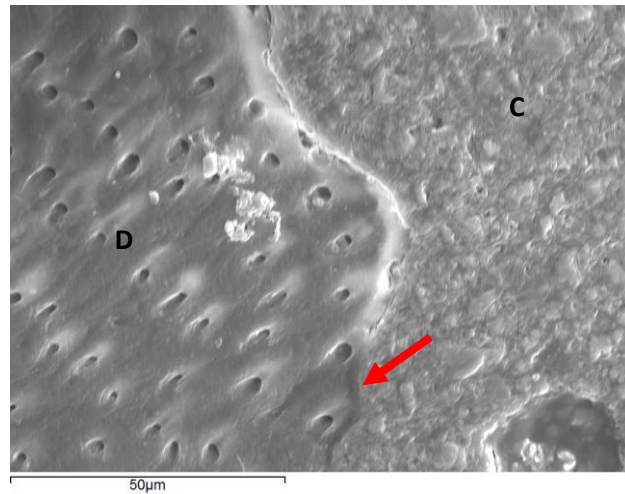
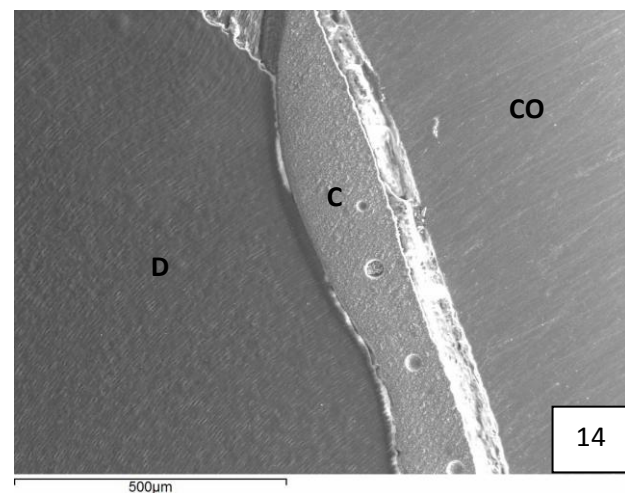
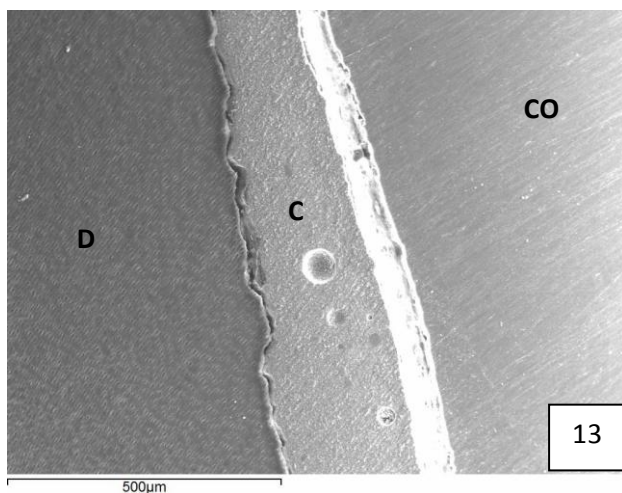


Fig. 12. Grupo 1. Aumentos: 1000X. Dentina tratada con Hipoclorito al 5%. Corte perpendicular al plano oclusal. Se observa la interfase dentina-cemento completamente cerrada, en la parte inferior de la imagen la óptima unión entre cemento y dentina indica que se ha creado una zona de interdifusión (flecha), cosa poco habitual en estos cementos. Podemos apreciar los túbulos dentinarios abiertos, debidos al tratamiento posterior de la superficie con ácido ortofosfórico al 35 %, para facilitar la visualización al microscopio. No se observa capa híbrida, tampoco se ve penetración de cemento en la dentina, por tanto, inexistencia de tags.



Figs. 13 y 14. Grupo 1. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con Hipoclorito al 5%. Corte perpendicular al plano oclusal. Se observa una interfase cemento-dentina predominantemente abierta en la primera, mientras que en la segunda se observa esa misma interfase predominantemente cerrada, con zonas bien unidas. Mientras que la interfase cemento-corona está completamente abierta en ambas.

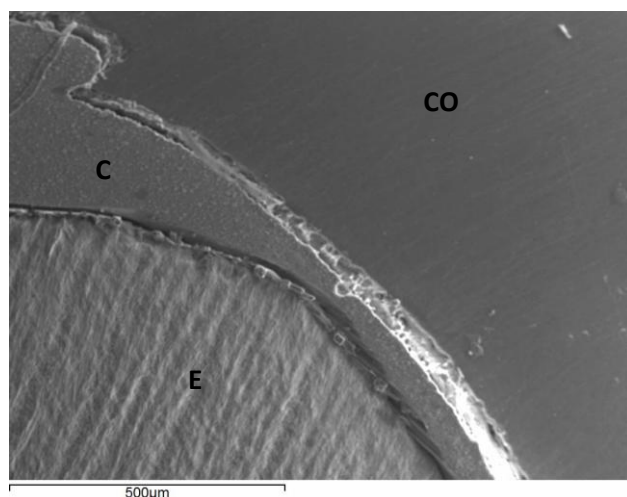


Fig. 15. Grupo 1. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con Hipoclorito al 5%. Corte perpendicular al plano oclusal. Se observa la interfase esmalte-cemento, cerrada en su mayor parte. Existe abertura en la interfase cemento-corona de resina.

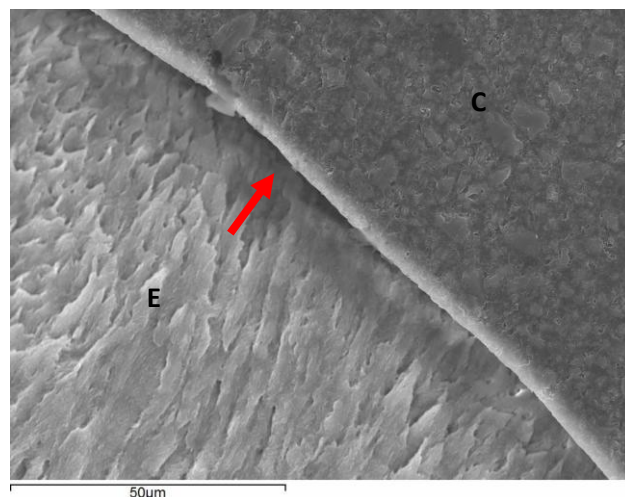


Fig. 16. Grupo 1. Aumentos: 1000X. Corona cementada sobre diente tratado con Hipoclorito al 5%. Corte perpendicular al plano oclusal. Se observa la interfase esmalte-cemento cerrada, salvo en la zona media de la imagen (flecha). Se aprecia un escalón debido al tratamiento de la muestra con ácido ortofosfórico para facilitar su visualización en el microscopio.

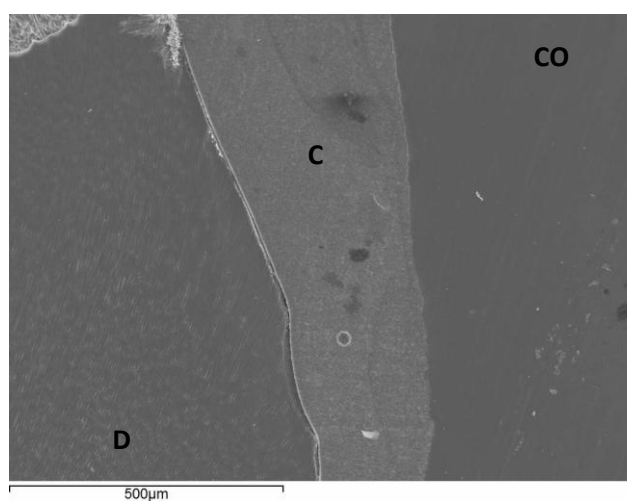


Fig. 17. Grupo 2. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con 0,1M EDTA. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Se observa la interfase dentina-cemento abierta en toda la longitud de la imagen (100%). Interfase cerrada corona-cemento. El espesor de la capa de cemento oscila entre 330µ en la zona más ancha y 31µ en la parte más estrecha.

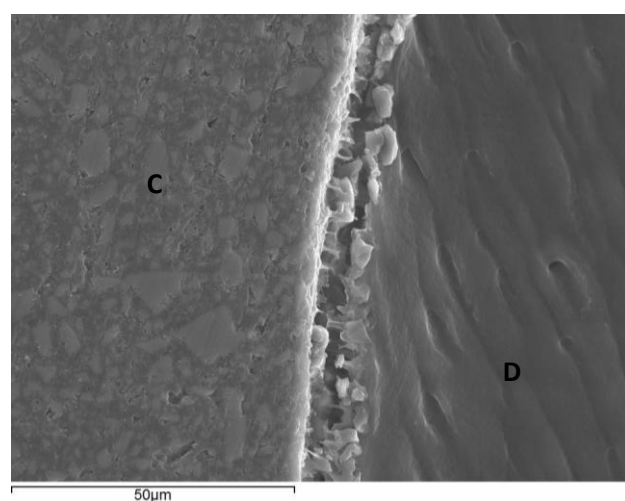


Fig. 18. Grupo 2. Aumentos: 1000X. Dentina tratada con 0,1 M EDTA. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Se aprecian túbulos dentinarios cortados casi longitudinalmente. La interfase entre dentina-cemento está cerrada pero sin hibridación. No se observa capa híbrida, ni formación de tags de resina.

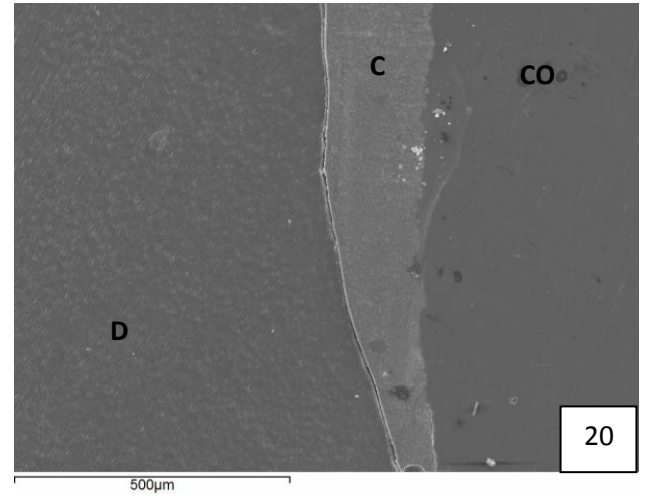
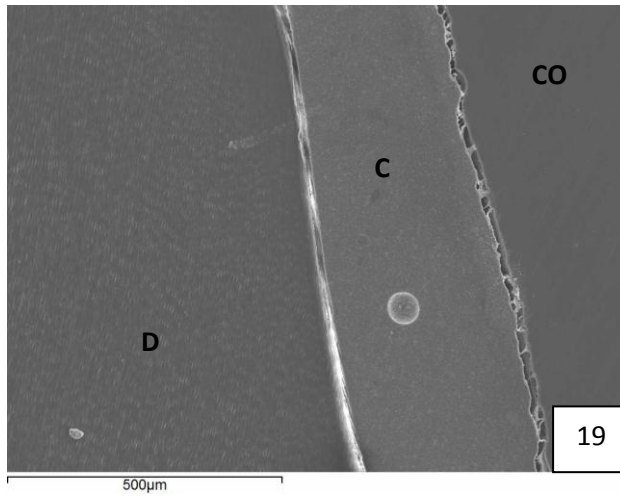


Fig. 19 y 20: Grupo 2. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con 0,1M EDTA. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. De estas dos imágenes, en la primera, se ve mayor gap en la interfase cemento-corona que cemento-dentina. Mientras que en la segunda se observa lo contrario, se ve más abierta la interfase cemento-dentina, estando la interfase cemento-corona completamente cerrada y adaptada.

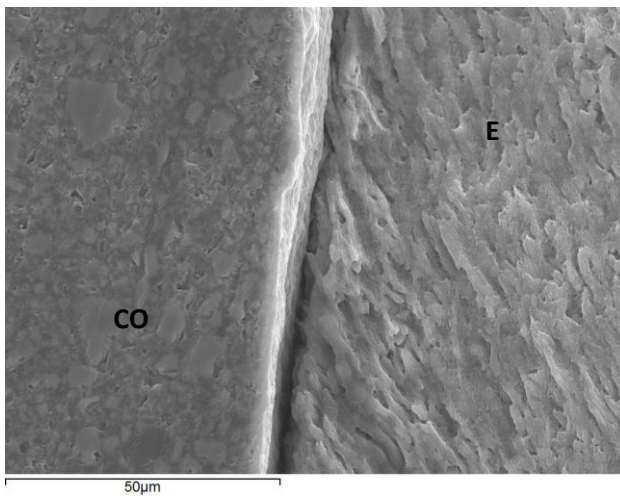


Fig. 21: Grupo 2. Aumentos: 1000X. Corona cementada sobre diente tratado con 0,1M EDTA. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Sobre el esmalte se ve que éste no ha sido grabado por parte del cemento, aunque existe buena adaptación entre ambas superficies pero no adhesión.

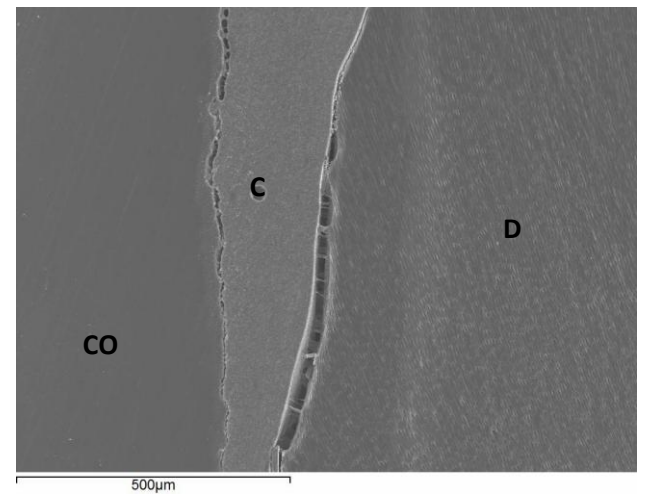


Fig. 22: Grupo 2. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con 0,1M EDTA. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. El gap que se observa podría deberse a la contracción de polimerización, y se observan prolongaciones de resina que unen las dos superficies.

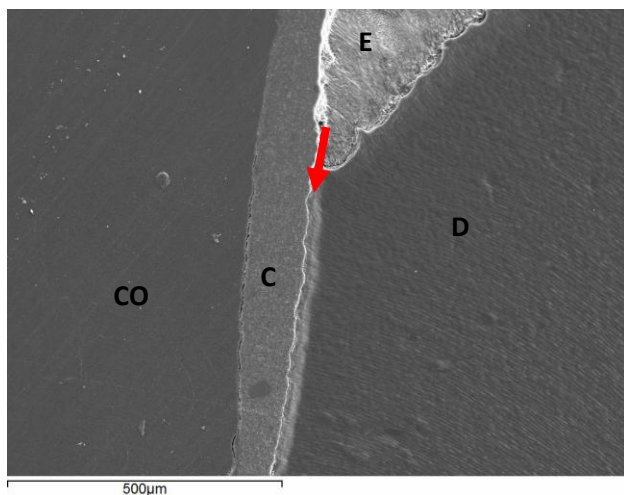


Fig. 23. Grupo 3. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con ácido Ortofosfórico al 35%. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Se observan las interfases entre dentina-cemento, esmalte-cemento y corona-cemento todas ellas cerradas casi en su totalidad. A nivel de la dentina, en la zona de la interfase se observa una franja de color más claro (flecha) que puede ser debido a la penetración del cemento. El espesor de la capa de cemento varía entre 369µ en la zona más ancha y 4µ en la zona más estrecha.

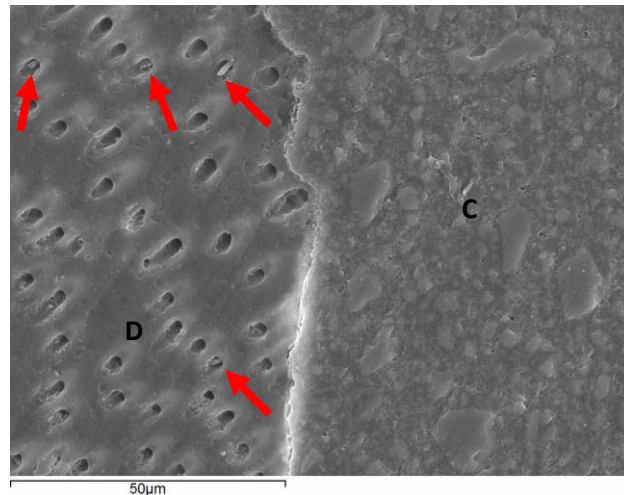


Fig. 24. Grupo 3. Aumentos: 1000X. Corona cementada sobre diente tratado con ácido Ortofosfórico al 35%. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. La interfase se observa cerrada casi en toda la longitud de la imagen. La zona brillante de la parte inferior de la imagen se debe a la contracción de polimerización del cemento o por el proceso mecánico de pulido, que puede provocar una ligera separación de las superficies, sin llegar a romperse la interfase. Los túbulos están cortados de modo oblicuo. Se aprecian tags de resina en el interior de algunos túbulos (flechas).

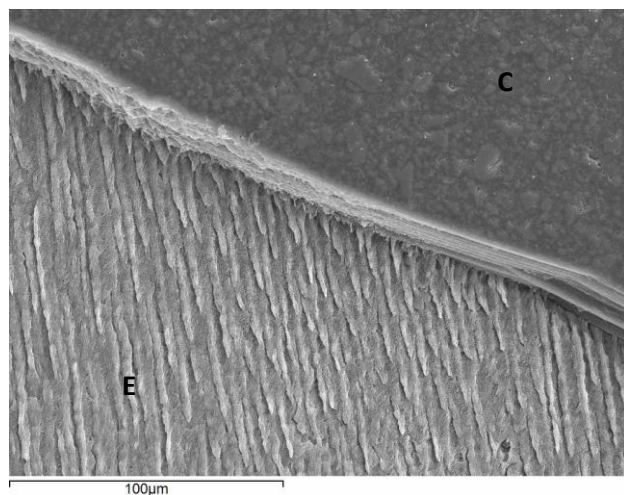


Fig. 25: Grupo 3. Aumentos: 500X. Corona cementada sobre diente tratado con ácido Ortofosfórico al 35%. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Perfecta unión cemento-esmalte.

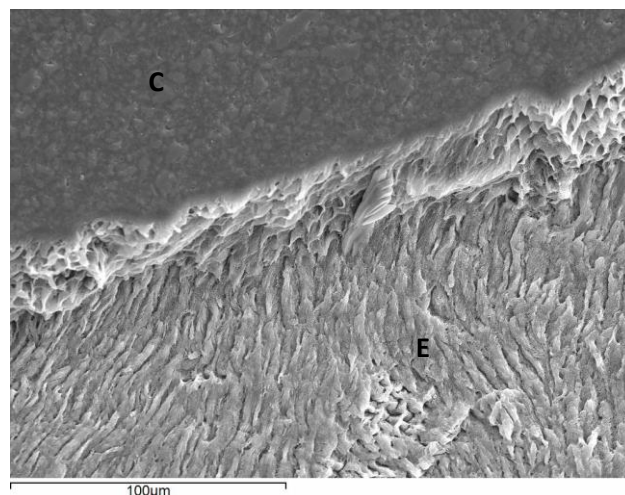


Fig. 26: Grupo 3. Aumentos: 500X. Corona cementada sobre diente tratado con ácido Ortofosfórico al 35%. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Perfecta unión cemento-esmalte. En el cemento se pueden observar las irregularidades que penetraron en el esmalte. Al grabar la muestra para su visualización al microscopio se ha eliminado la capa superficial del esmalte, de ahí que se vea un escalón entre ambas superficies.

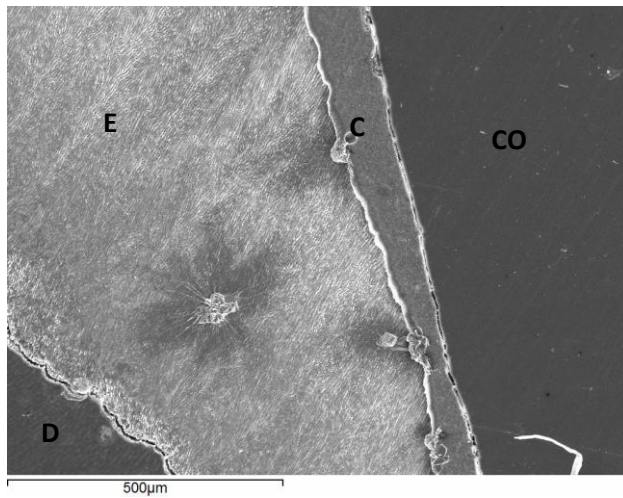


Fig. 27. Grupo 3. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con ácido Ortofosfórico al 35%. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Se observa la interfase entre esmalte-cemento cerrada en su totalidad. La interfase corona-cemento abierta en algunas zonas

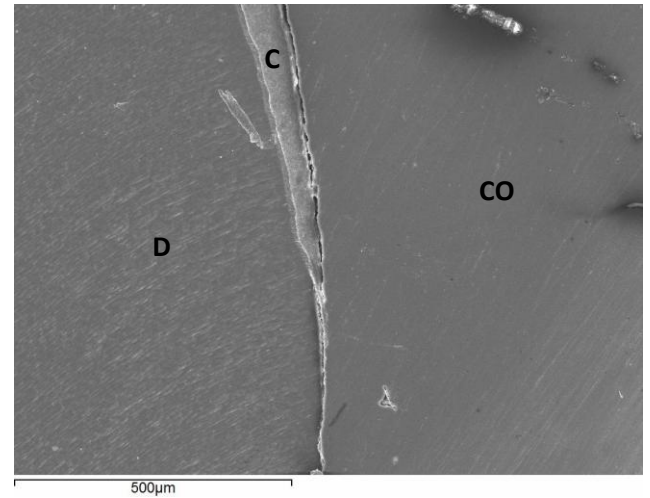


Fig. 28. Grupo 3. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con ácido Ortofosfórico al 35%. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Excelente unión cemento-dentina, mientras que la interfase cemento-corona está abierta.

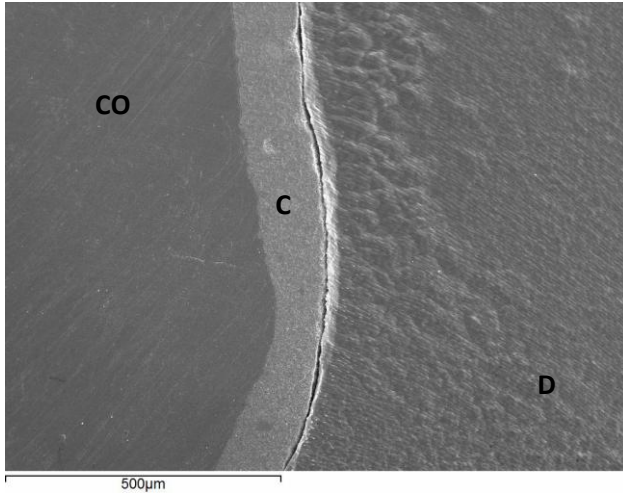


Fig. 29. Grupo 3. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente tratado con ácido Ortofosfórico al 35%. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Pese al grabado ácido de la superficie dentaria y la accesibilidad de la dentina, el cemento no penetra.

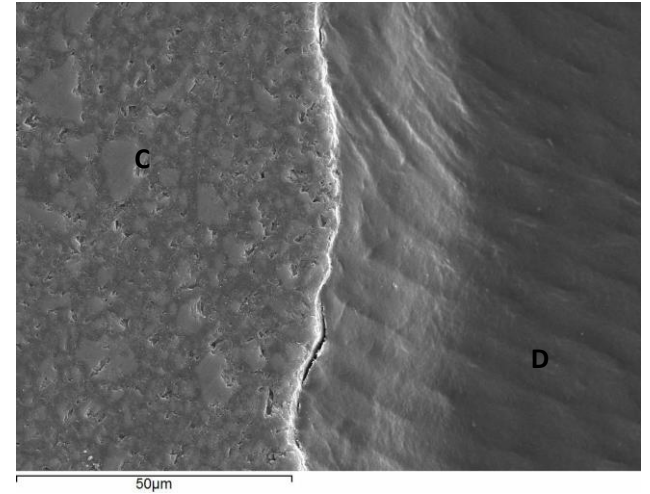


Fig. 30. Grupo 3. Aumentos: 1000X. Corona cementada sobre diente tratado con ácido Ortofosfórico al 35%. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Cierre de la interfase dentina-cemento en el 90% de la longitud aproximadamente.

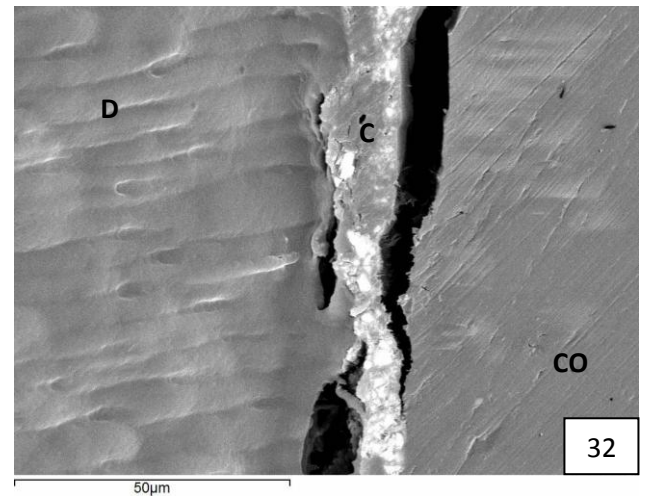
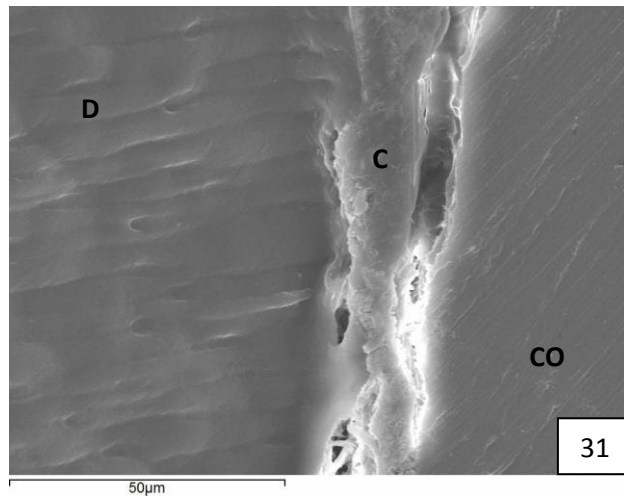


Fig. 31 y 32. Grupo 3. Aumentos: 1000X. Corona cementada sobre diente tratado con ácido Ortofosfórico al 35%. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. La visión con electrones retrodispersados (Fig. 32) permite ver mejor la abertura de la interfase.

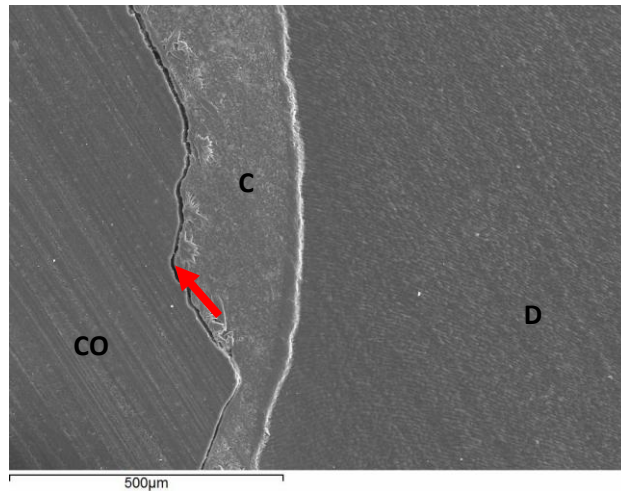


Fig. 33. Grupo 4. Aumentos: 100X. Superficie dentaria tratada con ácido ortofosfórico al 35% más adhesivo. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Separación entre el cemento de resina y la corona de acrílico (flecha). La interfase dentina-cemento está completamente cerrada, unión íntima entre ambos sustratos. El espesor de la capa de cemento varía entre 286µ en la zona más ancha, y 86µ en la zona más estrecha.

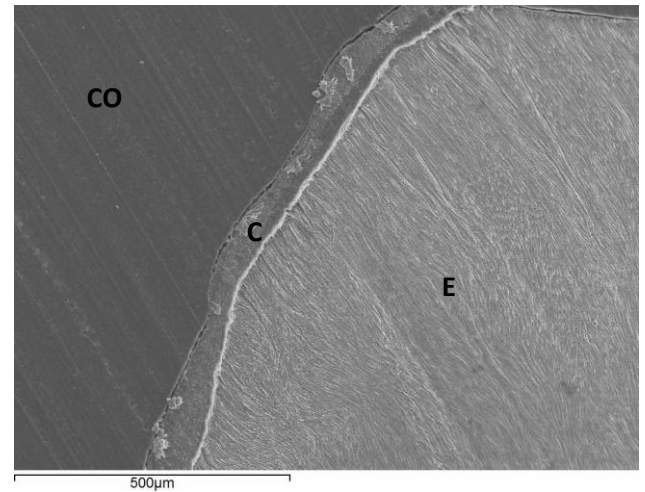


Fig. 34. Grupo 4. Aumentos: 100X. Superficie dentaria tratada con ácido ortofosfórico al 35% más adhesivo. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Interfase corona-cemento abierta (100% de la longitud). La interfase esmalte-cemento permanece cerrada.

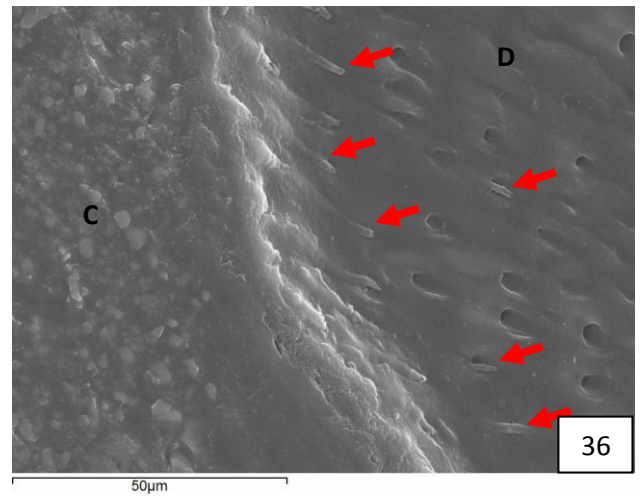
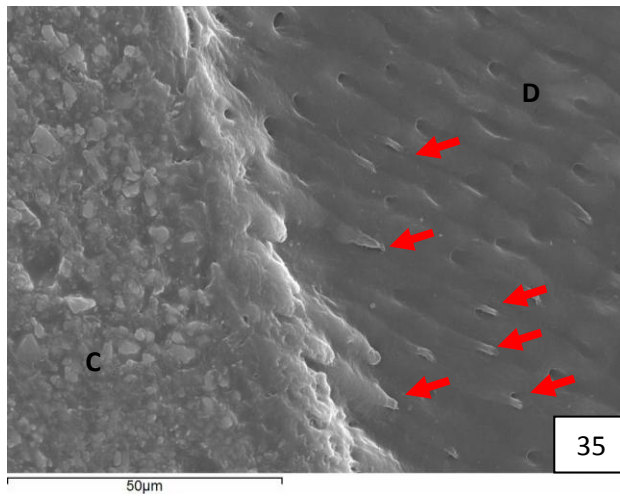


Fig. 35 y 36. Grupo 4. Aumentos: 1000X. Superficie dentaria tratada con ácido ortofosfórico al 35% más adhesivo. Muestran un corte perpendicular al plano oclusal. Perfecta adaptación en la interfase cemento-dentina, con formación de capa híbrida y tags de resina (flechas).

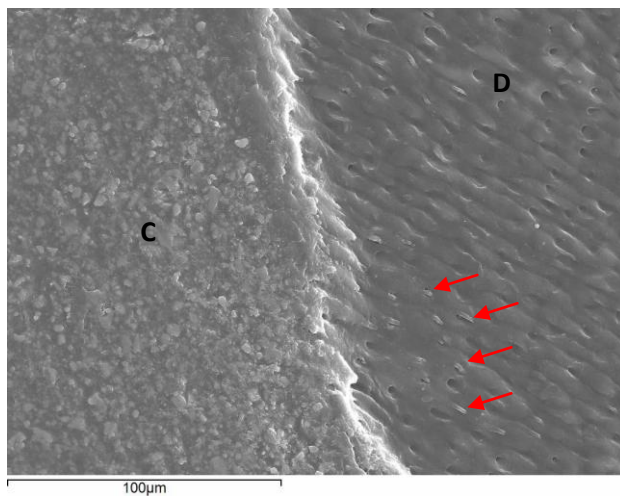


Fig. 37. Grupo 4. Aumentos: 500X. Tratamiento con ácido ortofosfórico al 35% más adhesivo. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Interfase dentina-cemento completamente cerrada. Unión íntima entre ambos sustratos. Túbulos dentinarios cortados casi longitudinalmente. Se observa capa híbrida y formación de tags de resina. Penetración del adhesivo en dentina 22µ.

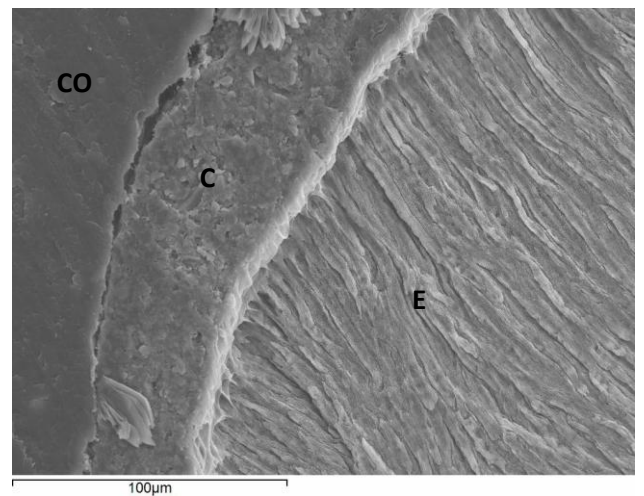


Fig. 38. Grupo 4. Aumentos: 500X. Superficie dentaria tratada con ácido ortofosfórico al 35% más adhesivo. Muestra un corte perpendicular a la superficie oclusal. Se observa interfase corona-cemento abierta. La interfase esmalte-cemento está cerrada con penetración de la resina en los microporos del esmalte grabado.

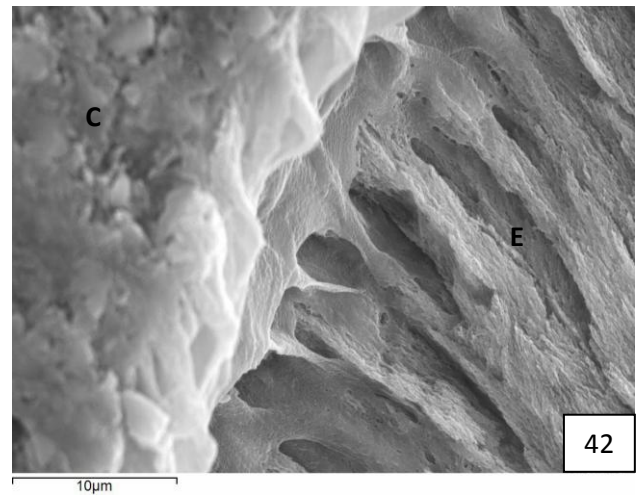
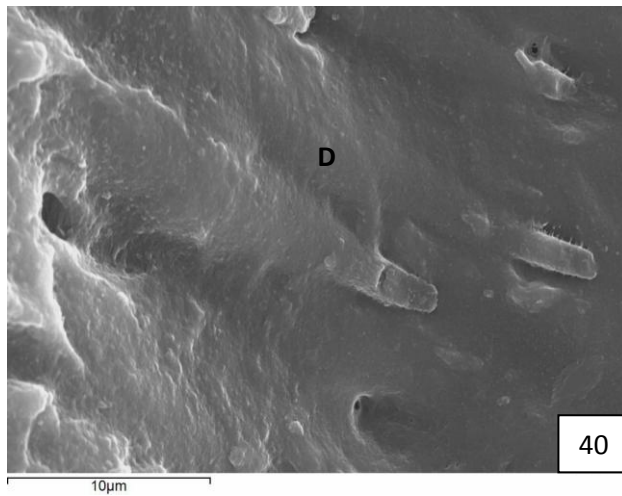
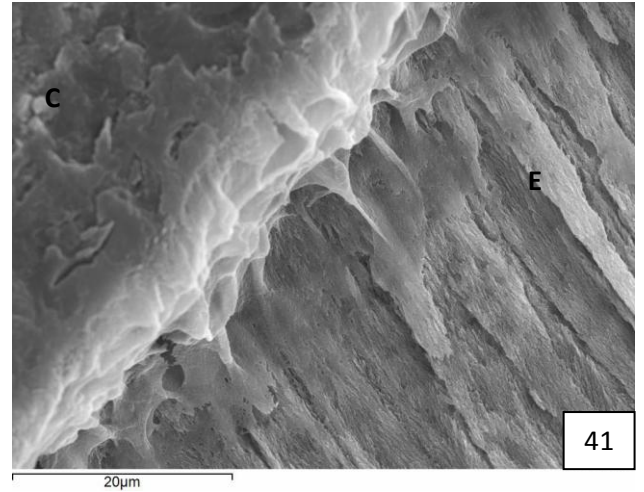
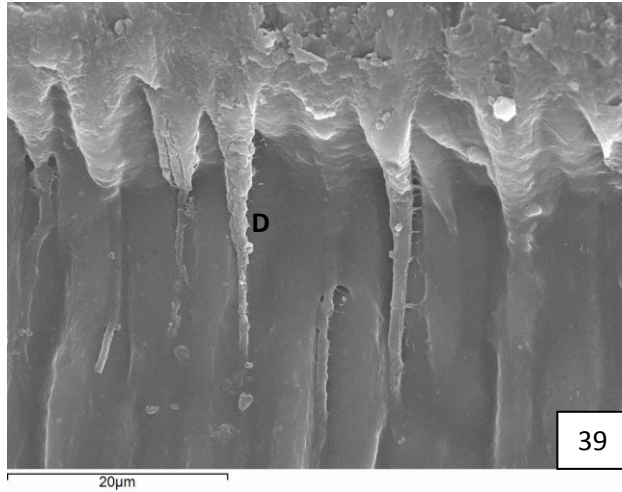


Fig. 41 y 42. Grupo 4. Aumentos: 2000X y 3000X. Superficie dentaria tratada con ácido ortofosfórico al 35% más adhesivo. Muestra un corte perpendicular a la superficie oclusal. Observamos la interfase esmalte-cemento completamente cerrada con interdifusión del adhesivo sobre la superficie del esmalte.

Fig. 39 y 40. Grupo 4. Aumentos: 2000X y 3000X. Superficie dentaria tratada con ácido ortofosfórico al 35% más adhesivo. Muestra un corte perpendicular a la superficie oclusal. Se observa la resina tapizando el túbulo dentinario formando *tags* de resina, cortados de manera longitudinalmente. Penetración máxima en la dentina 25µ. En la segunda imagen observamos la salida de la resina en los túbulos dentinarios cortados transversalmente. Formación de una capa híbrida estándar.

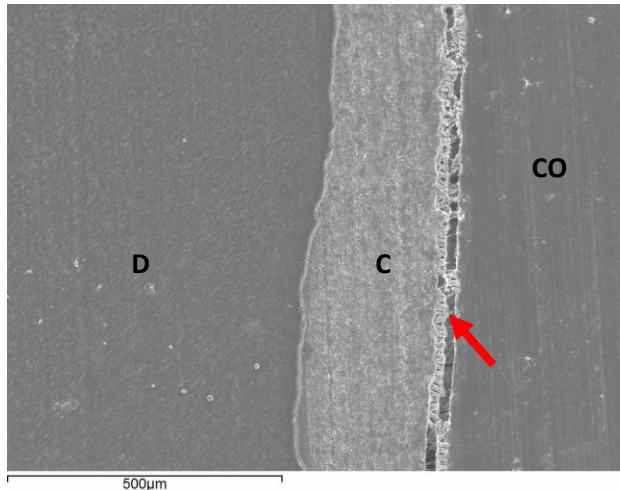


Fig. 43. Grupo 5. Aumentos: 100X. Superficie sin tratamiento dentario más adhesivo. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Separación entre el cemento de resina y la corona de acrílico (flecha), parece que en un principio si estuvieran unidas ambas superficies y que tras la contracción de polimerización del cemento, o tras la agresión mecánica al pulir la muestra se haya fracturado y separado los sustratos. La interfase dentina-cemento está cerrada. El espesor de la capa de cemento oscila entre 200µ en la zona más ancha, y 274µ en la zona más estrecha.

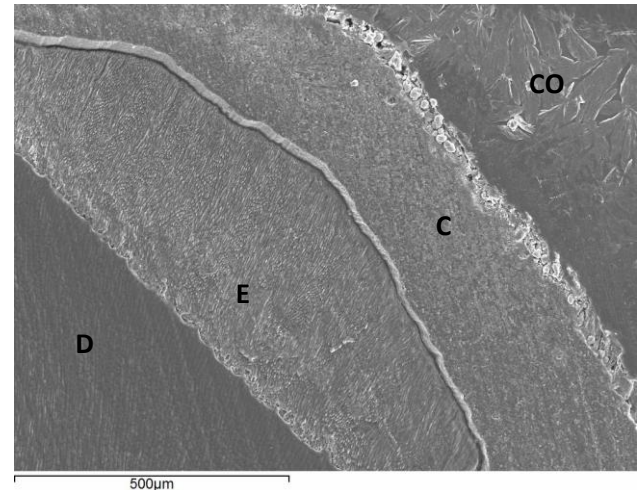


Fig. 44. Grupo 5. Aumentos: 100X. Superficie sin tratamiento dentario más adhesivo. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Interfase corona-cemento abierta en toda la longitud, que puede deberse a la contracción de polimerización o a la agresión mecánica del pulido. La interfase esmalte-cemento está cerrada. El espesor de la capa de cemento varía entre 200µ y 274µ.

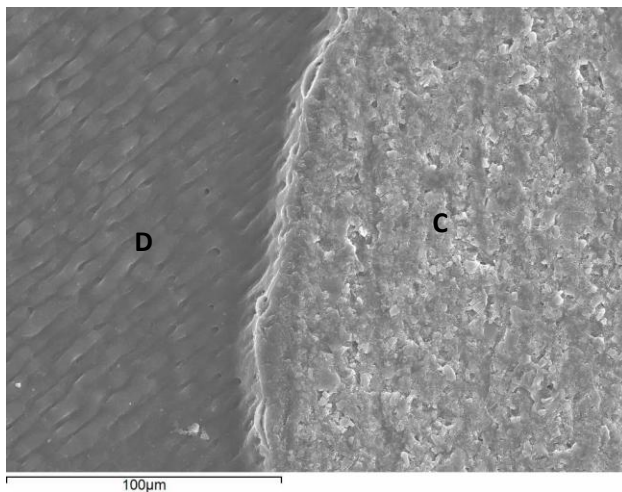


Fig. 45. Grupo 5. Aumentos: 500X. Superficie sin tratamiento dentario más adhesivo. Muestra un corte perpendicular a la superficie oclusal. La interfase dentina-cemento está cerrada, pero no se aprecia capa híbrida ni formación de tags.

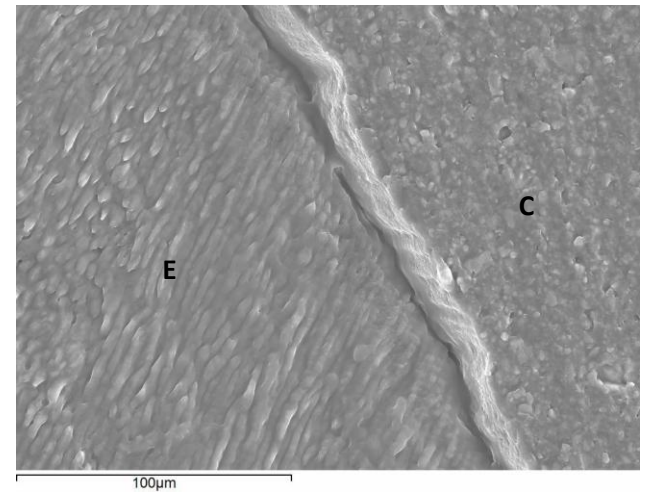


Fig. 46. Grupo 5. Aumentos: 500X. Superficie sin tratamiento dentario más adhesivo. Muestra un corte perpendicular a la superficie oclusal. La interfase esmalte-cemento está cerrada, aunque debido al desnivel que existe parece que estuvieran separadas.

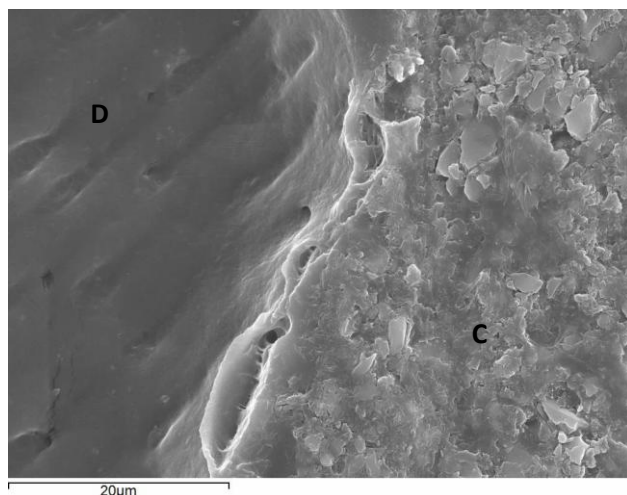


Fig. 47. Grupo 5. Aumentos: 2000X. Superficie sin tratamiento dentario más adhesivo. Muestra un corte perpendicular a la superficie oclusal. Interfase dentina-cemento cerrada en la parte superior de la imagen, con algún tramo abierto en la zona inferior (60% de la longitud abierta). Túbulos dentinarios cortados longitudinalmente.

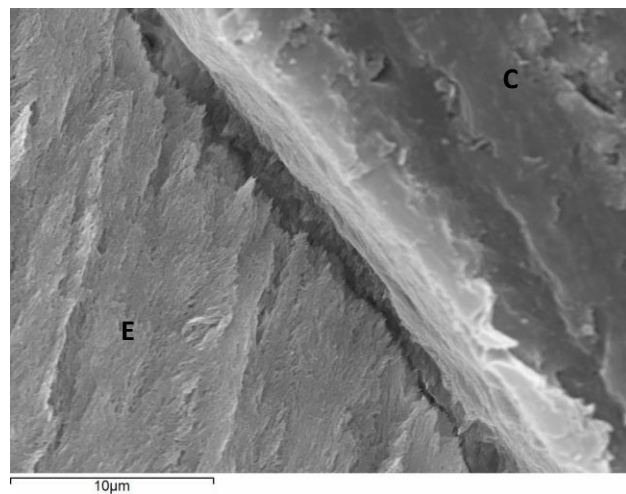


Fig. 48. Grupo 5. Aumentos: 3000X. Superficie sin tratamiento dentario más adhesivo. Muestra un corte perpendicular de la superficie oclusal. La interfase esmalte-cemento está cerrada en toda la longitud de la imagen. La zona blanca más brillante que se observa entre ambos sustratos es debido al escalón creado por el grabado posterior del esmalte.

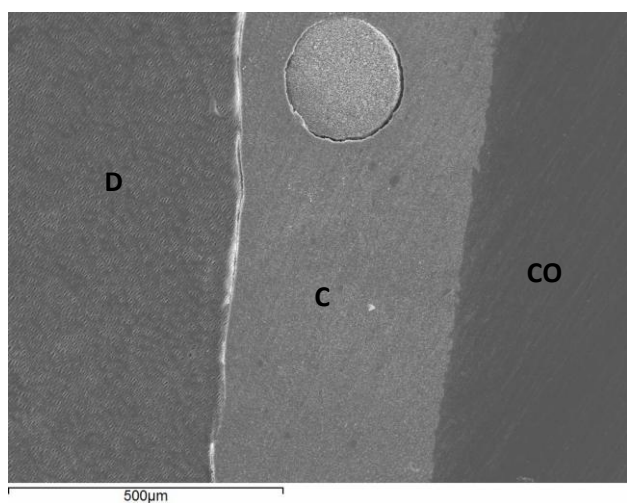


Fig. 49. Grupo 6. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Se observa la interfase dentina-cemento abierta en el 63% de toda la longitud de la imagen. Por el contrario, la interfase corona-cemento está cerrada. El espesor de cemento varía entre 461µm en la zona más ancha, y 392µm en la zona más estrecha.

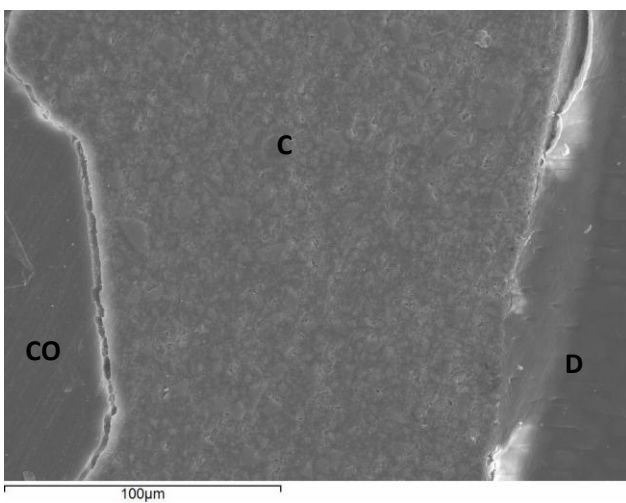


Fig. 50. Grupo 6. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Se observa la interfase dentina-cemento abierta en los extremos de la imagen, mientras que en la zona media está unida. Por el contrario, la interfase corona-cemento está abierta completamente, al contrario que la figura anterior (Fig.49).

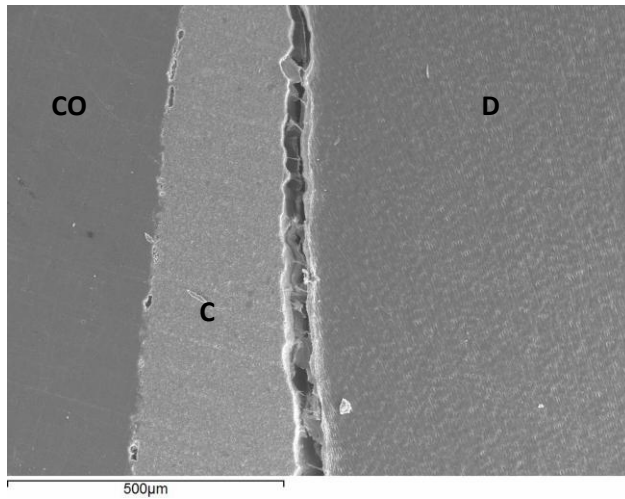


Fig. 51. Grupo 6. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Se observa fracaso en la unión en la interfase dentina-cemento, mientras que la interfase corona-cemento está bien pegada.

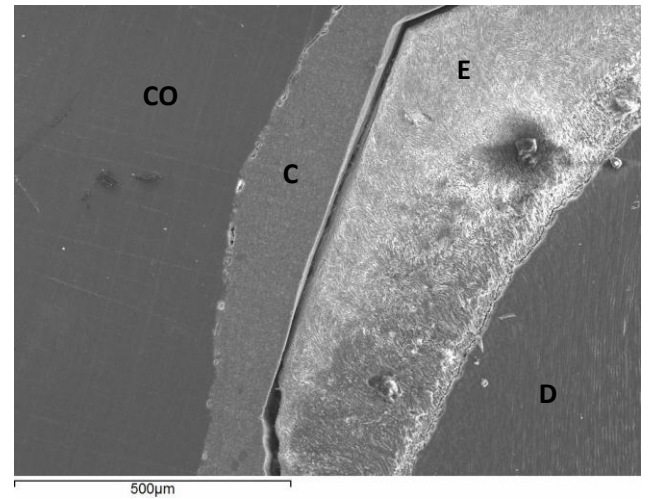


Fig. 52. Grupo 6. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Fracaso en la unión esmalte-cemento, mientras que la interfase corona-cemento está cerrada.

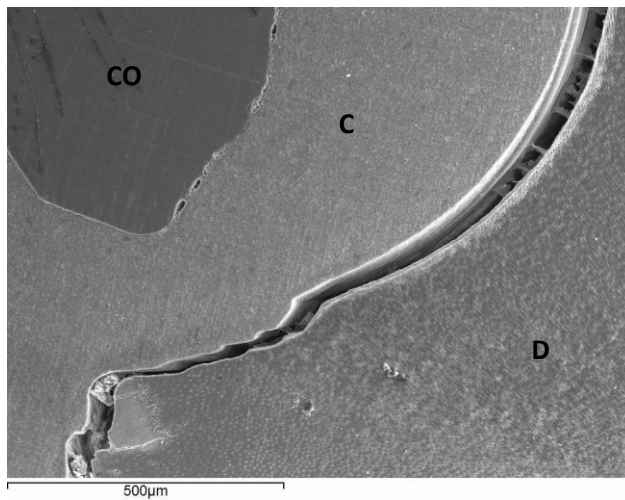


Fig. 53. Grupo 6. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Zona del chamfer, toda la interfase cemento-dentina abierta.

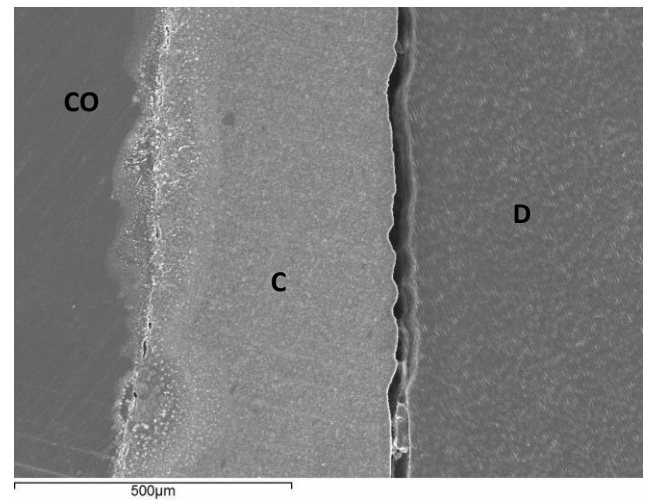


Fig. 54. Grupo 6. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Fracaso en la unión cemento-dentina.

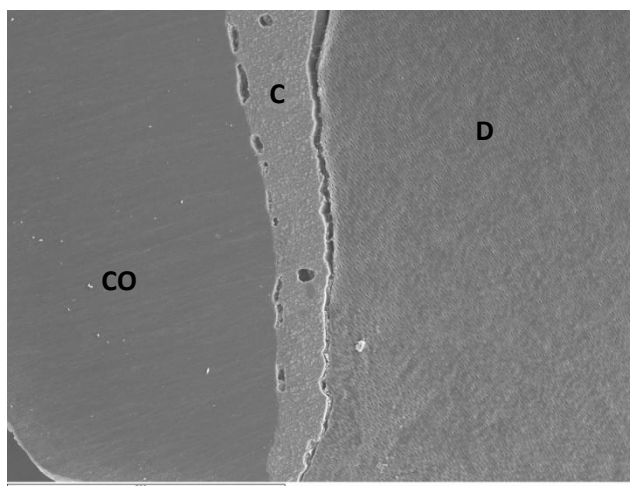


Fig. 55. Grupo 6. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Fracaso en la unión cemento-dentina.

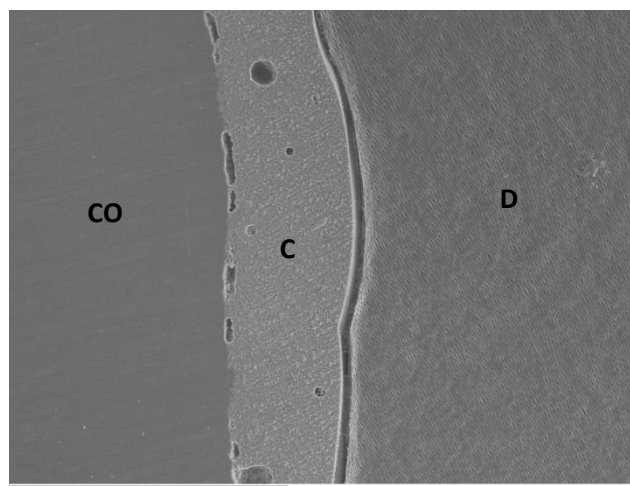


Fig. 56. Grupo 6. Aumentos: 100X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Fracaso en la unión cemento-dentina.

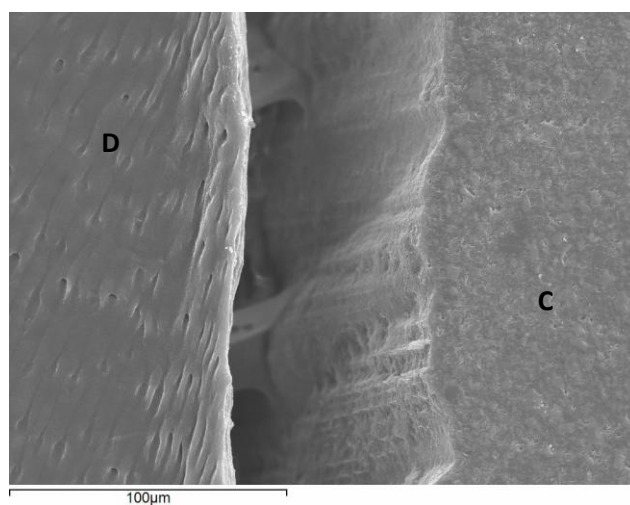


Fig. 57. Grupo 6. Aumentos: 500X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Gran gap entre esmalte-dentina.

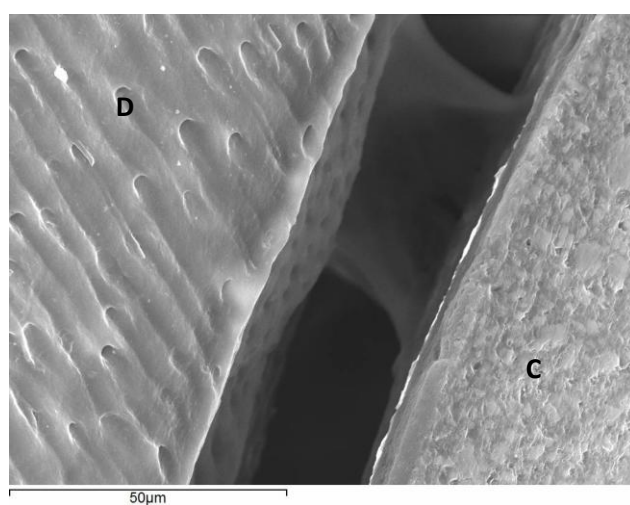


Fig. 58. Grupo 6. Aumentos: 1000X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Fracaso en la unión cemento-dentina.

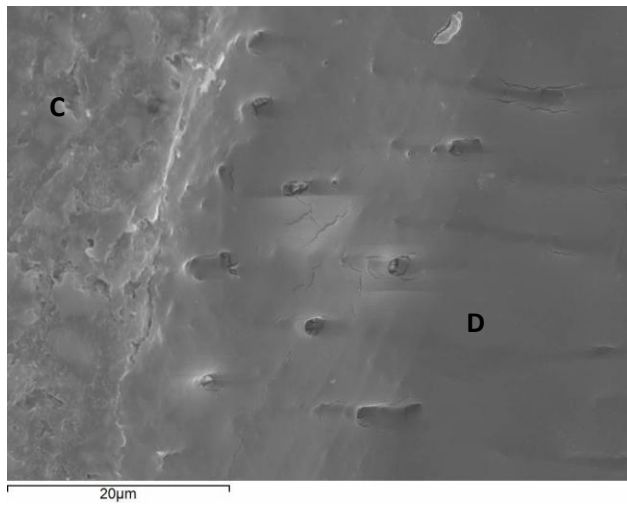


Fig. 59. Grupo 6. Aumentos: 2000X. Corona cementada sobre diente sin pretratamiento. Muestra un corte perpendicular al plano oclusal. Túbulos dentinarios cortados longitudinalmente. Se observa interfase dentina-cemento cerrada, con una adaptación perfecta entre ambos sustratos. Se aprecian los túbulos dentinarios expuestos, cortados transversalmente. Las grietas que se ven en la dentina, son causadas por la visualización de la muestra a través del microscopio electrónico de barrido.



7. DISCUSIÓN

La hipótesis nula debe ser rechazada porque tanto el tratamiento previo de la dentina, como la aplicación de un adhesivo, influyen significativamente en la morfología de adhesión, para el cemento auto-adhesivo empleado. Las características de la interfase del cemento auto-adhesivo y la dentina varían de acuerdo con el tratamiento de la superficie administrado. En general, los tratamientos más agresivos, con mayor capacidad de eliminar el barrillo y desmineralizar la dentina subyacente, produjeron los mejores resultados. Sin embargo, en ninguno de los casos en los que no se empleó adhesivo previo se produjo una interfase de características adhesivas idóneas. Esto coincide con lo descrito por De Munck y colaboradores¹³, que lo atribuyen a la elevada viscosidad del cemento, que impide su penetración en la dentina previamente acondicionada. La aplicación de un adhesivo previo al cementado dio lugar a una interfase de características morfológicas muy superiores a las obtenidas cuando sólo se empleó el cemento autoadhesivo.

Con respecto a la metodología empleada, la elección de dientes con tratamiento endodóntico se debió a la intención de aproximarnos a una situación clínica concreta ya que frecuentemente es necesaria la colocación de una restauración indirecta, en forma de onlay o de corona de recubrimiento total, en dientes que han sido sometidos a este tipo de tratamientos. Por otro lado, los resultados del examen obtenidos al microscopio electrónico en dientes endodonciados se aproximan más a lo que puede suceder en la situación clínica real respecto al diente vital, al existir menores diferencias en el grado de hidratación entre el diente en boca y el sometido a examen *in vitro*.

El elegir la resina compuesta como material para la restauración, obedece a dos razones: por un lado, es uno de los materiales de elección para restauraciones indirectas en dientes endodonciados (Pascal Magné) especialmente en forma de onlays y overlays; en segundo lugar, la utilización de resina compuesta permite presuponer una buena unión con el cemento de resina, convirtiendo, al menos teóricamente, en la interfase más débil a la formada por el sustrato dentario y el



cemento, facilitando el análisis comparativo entre los diferentes tratamientos realizados sobre el sustrato dentario. La resina compuesta es un buen soporte para el cemento al tratarse de materiales similares, permite una mayor economía y facilidad de manipulación para el cortado de las muestras, aunque es sabido que el elevado grado de conversión que penetran en su matriz de resina estas restauraciones indirectas supone un obstáculo para la correcta unión química con el composite de cementado.

La utilización de la microscopía electrónica es un procedimiento habitual para el estudio de las interfases adhesivas. Sin embargo, hay que conocer sus limitaciones: por un lado, la preparación de las muestras, que requiere un exhaustivo pulido, supone una agresión para éstas y puede deteriorar las interfases si son débiles o inestables. En segundo lugar, el procedimiento de desecación que requiere la metalización de las muestras, con oro o grafito, y el propio vacío que produce la cámara del microscopio son agresiones para las preparaciones que pueden igualmente alterar las interfases, puede por lo tanto dar lugar a falsos negativos (fracaso de las interfases) pero en cambio, nunca puede producir falsos positivos, por lo tanto, debemos conocer estos efectos adversos para interpretar adecuadamente los resultados del microscopio electrónico de barrido.

Las características de los tejidos en estas situaciones son especiales: la dentina, a diferencia del esmalte, en el diente vital es una estructura altamente hidratada, caracterizada por un continuo movimiento de fluidos a través de los túbulos dentinarios^{36, 37, 38, 39, 40} en los que se encuentran los procesos odontoblásticos. El movimiento de fluidos es mayor a nivel de la dentina profunda que en la dentina superficial⁴¹. Esta cualidad la pierden los dientes endodonciados. Desde el punto de vista de la adhesión, el grado de hidratación de la dentina puede influenciar la capacidad adhesiva de algunos materiales resinosos, y limitar la longevidad de la unión. Este mecanismo puede tener efectos negativos en algunos sistemas adhesivos que se componen de un alto porcentaje de monómeros hidrofílicos^{36, 37}, especialmente durante las primeras fases de polimerización. Se supone que los cementos autoadhesivos ofrecen una buena tolerancia a la humedad. Los dientes endodonciados no



sólo pierden la vitalidad pulpar; tras la eliminación del proceso carioso, fracturas sufridas o restauraciones anteriores, el tejido remanente queda socavado y debilitado^{42, 43, 44, 45}. El diente desvitalizado, por tanto, pierde el efecto biológico que la pulpa ejerce sobre la dentina (aportación de fluido dentinario, formación de dentina esclerótica y neodentina) y que, al final, se traduce en una pérdida de elasticidad que poco a poco va haciendo que el diente sea más sensible a la fractura; por ello vamos a evaluar cómo actúa este cemento sobre una superficie dentinaria modificada tras la desecación que le produce el tratamiento endodóntico.

Hay muchos factores que pueden influenciar el éxito clínico de una restauración indirecta, pudiendo depender de: el operador, el diseño de la restauración, el material, las condiciones intra-orales y la tipología del paciente⁴⁶. El material cementante juega en este sentido un papel fundamental. A pesar del gran número de cementos actualmente disponibles en el mercado dental, ninguno de estos materiales puede ser universalmente utilizado para todos los tipos de restauraciones. Es fundamental que el clínico conozca las ventajas y desventajas de cada producto, en referencia a su composición química y propiedades mecánicas, al tipo de sustrato a adherir y de preparación dental realizada⁴⁷. Además, la elección del material debe tener en cuenta criterios de tipo funcional y biológico.

Estudios morfológicos de la interfase entre cementos auto-adhesivos y dentina mostraron que a pesar de la elevada acidez de los monómeros hidrofílicos, estos no determinan la formación de una capa híbrida ni de *tags* de resina^{13, 48, 49, 50}. Este aspecto se evidenció especialmente comparando los cementos auto-adhesivos con cementos resinosos convencionales que utilizan adhesivos de grabado total o auto-grabadores. De Munck y col (2004), afirmaron que la interposición del barrillo dentinario, que podría funcionar como una barrera, podría ser la causa de la escasa interacción y penetración de la dentina, tal y como se suele observar utilizando los cementos de ionómero de vidrio¹³. Sin embargo, en nuestro trabajo, la eliminación del barrillo no produjo difusión o infiltración del cemento, hecho que puede atribuirse a la elevada viscosidad del cemento⁴⁸.



El barrillo dentinario formado durante las preparaciones dentales⁵¹ puede ser completamente eliminado o solamente modificado y, por lo tanto, considerado como sustrato de adhesión intermedio. Una vez tratado/grabado el sustrato a adherir, los túbulos dentinarios resultarán abiertos, la dentina superficial descalcificada y las fibras de colágeno expuestas. Esta red de fibras no colapsada debería favorecer la difusión de la resina fluida para formar la capa híbrida⁶. En las imágenes 1-10 vemos el efecto que produce el pretratamiento de la superficie dentaria sobre el barrillo dentinario. La aplicación de la solución ácida provoca la modificación o eliminación del barrillo dentinario (smear layer) y desmineraliza la capa externa de la dentina intertubular y también la entrada de los túbulos dentinarios (dentina peritubular). Asimismo aumenta la permeabilidad de la dentina. El ácido elimina el componente inorgánico de la dentina, pero la parte orgánica (colágeno) permanece. En la práctica odontológica, el ácido más utilizado para el acondicionamiento dentinario previo a la adhesión es el ácido fosfórico. El componente orgánico de la dentina proporciona alrededor de un 30% de la resistencia total de la dentina, y es de mucha utilidad para lograr una buena adhesión⁵².

El tratamiento con ácido ortofosfórico permitió que los túbulos dentinarios se abrieran de forma visible y dejara expuesta la dentina intertubular, aumentara la rugosidad de la superficie de la dentina, facilitando la retención micromecánica, pero la infiltración del cemento de resina auto-adhesivo fue limitada, debido a la alta viscosidad del mismo. Estos resultados son equivalentes a los obtenidos en estudios realizados por De Munck y colaboradores¹³ con cemento de resina auto-adhesivo RelyX Unicem. Aunque la línea blanca, más brillante, que observamos en la figura 23, en que la muestra se trató con ácido ortofosfórico, algunos autores la interpretan como una pseudocapa híbrida⁵³.

La capacidad quelante del EDTA sobre el calcio produce una ligera remoción de la capa de barrillo, aunque superior a la que produce el hipoclorito. Como ya han indicado otros autores⁵⁴, el EDTA no induce aumento de la rugosidad superficial como otros tratamientos más agresivos. En nuestro estudio, el cemento aparece en cierta medida adherido al sustrato dental, pero la infiltración dentro de la dentina

intertubular no se produjo. Esto coincide por lo descrito por Smith y cols.⁴². En las superficies tratadas con EDTA, se observó en determinadas zonas una adaptación perfecta entre ambos sustratos, con una unión aparente desde el punto de vista morfológico, aunque no haya indicios de capa híbrida o de interdifusión de la resina en la dentina ni de *tags* intertubulares (Fig. 17). Además en las zonas de peor unión se observaron alternancia de residuos filamentosos y huecos dentro de la capa de cemento que nos indica una unión primaria y posterior separación por contracción del cemento (Fig. 18).

El hipoclorito sódico es un agente proteolítico no específico⁵⁵ que remueve los componentes orgánicos de la dentina. Perdigao⁵⁶ describió, que después del tratamiento con hipoclorito sódico durante dos minutos, la superficie de dentina tiene unos túbulos dentinarios más abiertos, debido a la pérdida de dentina peritubular desmineralizada, lo cual también disminuye el área de dentina intertubular residual. Sin embargo, la remoción del barrillo fue insuficiente para permitir la penetración o incluso la adaptación del cemento a la superficie dentaria en nuestro estudio.

Cuando el cemento fue utilizado en las muestras en las que no se realizó ningún tratamiento de la dentina, se observaron vacíos y las burbujas en el mismo, como se observa en la figura 49. Se logró una adaptación íntima entre los sustratos pero sólo una interacción aparentemente superficial con la dentina subyacente. No existe formación de capa híbrida ni *tags* de resina al observar en microscopio electrónico de barrido. La limitada difusión de este cemento viscoso puede ser debida a su elevada viscosidad, produciéndose áreas de exposición y no impregnación del colágeno. En estas condiciones no es posible lograr unión química, y la unión micromecánica se verá limitada a la fricción entre las dos superficies. Esto clínicamente no es deseable ya que puede dar lugar a la degradación prematura de la interfase por filtración^{57, 58, 59}. La viscosidad del material dificultará la penetración del cemento en la dentina^{13, 60, 61} a pesar de que, como ya se ha demostrado, los componentes ácidos del cemento producen la apertura de los túbulos dentinarios^{54, 62}. El mantenimiento del componente mineral de la dentina (después de tratar la dentina con leves soluciones ácidas) es importante para fortalecer los enlaces químicos entre la dentina y el



cemento^{10, 13, 63}. Esto es importante en el caso de los cementos autoadhesivos por doble componente de adhesión, químico y micromecánico¹⁸.

El análisis ultraestructural de las preparaciones muestra diferencias significativas en las interfases producidas en los distintos grupos. No se encuentran grandes diferencias en cuanto a la apertura de la interfase entre las superficies tratadas con hipoclorito sódico, EDTA y el grupo control (Figs. 11, 17 y 33). En el grupo 1 la interfase está abierta entre un 75 y 100%, resultado similar a los obtenidos en el grupo 2 y grupo 6. Se observan vacíos y burbujas entre ambos sustratos que provocan solución de continuidad entre las superficies, no obstante, se pudo registrar alguna zona de adaptación íntima en la interfase cemento-sustrato dentario (Figs. 12 y 59). En el grupo 3, encontramos interfase cerrada entre el 75 y 100% (Fig. 23), con una unión superficial. Los mejores resultados se obtuvieron en el grupo 4, en el que encontramos la interfase cerrada en el 100% (Figs. 37 y 38).

En el grupo 3, tras el tratamiento con ácido ortofosfórico con el cual se eliminó la capa de barrillo dentinario y quedaron abiertos los túbulos dentinarios, se observó una franja más clara en la interfase cemento-dentina, que parece deberse a la infiltración del cemento en la superficie dentaria (Fig. 23); además se observó la formación de algunos *tags* de resina (Fig. 24). También se observó esta formación en el grupo 4, en el que se realizó el mismo tratamiento anterior, con ácido ortofosfórico, y posteriormente se aplicó adhesivo, previamente a la cementación de la corona (Fig. 40). Un efecto negativo del pretratamiento ácido de la dentina antes de emplear cementos auto-adhesivos ha sido descrito anteriormente, y atribuido a que la presencia de una espesa matriz de colágeno, secundaria a la desmineralización por el ácido, constituye una barrera impenetrable para la elevada viscosidad de estos cementos. Algunos autores han encontrado fuerzas adhesivas mayores cuando se aplica el cemento sin pregrabado ácido de la dentina¹⁸. En nuestro estudio, y desde un punto de vista exclusivamente morfológico, el pretratamiento ácido ofreció mejores resultados.



Solamente en el grupo 4, en el que la superficie dentaria se trató con ácido ortofosfórico y posteriormente se aplicó adhesivo, se observó la formación de capa híbrida típica (Fig. 37). En el resto de los grupos sólo existe una interacción superficial. En este sentido, las investigaciones realizadas hasta ahora por otros autores, evaluando la interfase cemento autoadhesivo/dentina, a través de la microscopía electrónica de barrido, han evidenciado una buena adaptación marginal del cemento al sustrato dental, sin formación de una capa híbrida que pueda presuponer una efectiva interacción con la dentina^{48, 50, 62}.

Algunos autores^{10, 61} dejan en el aire si la colocación de adhesivos pudiera mejorar el proceso de cementación con estos materiales. En este estudio vemos que la aplicación anterior de adhesivo (Futurabond DC[®]), es beneficioso para promover la adhesión del cemento, con la formación de *tags* de resina (Figs. 39 y 40) y una unión íntima del cemento al adhesivo, cuando la superficie ha sido tratada con ácido ortofosfórico al 35%. En la superficie control, sin pretratamiento de la dentina, vemos una unión estrecha entre las superficies, pero no formación de *tags*. Sin embargo, el empleo de adhesivo previo introduce de nuevo el factor de complejidad técnica, eliminado con el planteamiento de uso de los cementos autoadhesivos, por lo que su aplicación clínica puede discutirse. En el caso de no emplear adhesivo, la retención va a deberse en gran medida a un componente micromecánico por fricción entre las dos superficies, con uniones químicas entre los grupos fosfatos activos y el calcio de la hidroxiapatita. En los casos en que se emplee pretratamiento con ácido fosfórico, la retención puede verse mejorada por trabazón micromecánica, tanto a nivel de esmalte, como de dentina, en las zonas que se produzca infiltración de la misma.

Cuando se emplean cementos de resina se debe tener en cuenta una serie de consideraciones referentes a los ajustes, los grosores de la capa de los cementos y el espacio de la interfase^{64, 65, 66}:

- Según las normas de la ADA, el espesor de la película de un cemento de consistencia estándar no deberá exceder de 25-40 micras.



- En la sistemática de laboratorio se deja un espacio para el cemento mediante la aplicación de un separador de unas 40 micras.
- Los ajustes clínicamente aceptables de las restauraciones a nivel marginal son de unas 100 micras. Pero axialmente el ajuste puede llegar a ser de hasta 300 micras.
- El grosor medio de la capa de un adhesivo dentinario es de 60-80 micras aproximadamente, pero en las zonas cóncavas, como por ejemplo en el ángulo interno de una línea de terminación puede ser de unas 200-300 micras.
- Pueden existir discrepancias marginales de alrededor de 140 micras de promedio.

El espesor de la película de cemento puede verse influenciado por diversos factores: el tipo de agente cementante, la relación polvo-líquido del cemento, la presión del cemento, la duración del cementado, las dimensiones de la preparación, el espaciador y el relieve de la superficie interna de la preparación⁶⁷. Los cementos de resina tienen un grosor que difiere enormemente según su composición, sistema iniciador, viscosidad y propiedades físico-mecánicas. Con una variación del grosor de la capa entre 25 y 114 micras.

En este estudio hemos registrado en algunos casos grosores del cemento mayores a los valores establecidos por la ADA, que puede ser debido a un desajuste de la corona a la hora de la confección de las mismas en el laboratorio. Este aspecto, sin embargo, consideramos que no es trascendente para el objetivo de este trabajo, que es el de analizar morfológicamente las interfases entre los diferentes sustratos, aunque es cierto que mayores espesores pueden acarrear efectos adversos por la mayor contracción de polimerización debida al mayor volumen de resina de cementado. No obstante, habría que completar el estudio con otro en el que se valore la influencia del espesor de la capa de cemento sobre la retención, en el caso específico de los cementos autoadhesivos para poder hacer un estudio comparativo de los resultados obtenidos.



Finalmente, queremos destacar las limitaciones que presentan los estudios ultraestructurales con microscopía electrónica de barrido, que hace que éstos deban ser entendidos como una parte dentro de los estudios de adhesión, y que necesitan complementarse con otro tipos de estudios, tanto de tipo ultraestructural con otras técnicas, como de tipo mecánico en sus distintas modalidades, para que en conjunto los resultados puedan aproximarnos a la realidad clínica, objetivo final de toda investigación.



8. CONCLUSIONES

1. Sin la aplicación previa de un agente acondicionador, el cemento auto-adhesivo empleado no fue capaz de producir una desmineralización/disolución de la capa de barrillo dentinario, produciéndose aparentemente sólo una interacción superficial con la dentina y el esmalte.
2. El acondicionamiento de la dentina con agentes que promueven la remoción del barrillo dentinario mejoró desde el punto de vista morfológico la interfase diente-restauración con el cemento autoadhesivo empleado, aunque en ningún caso se produjo una interfase adhesiva optima.
3. El tratamiento acondicionador más eficaz fue la aplicación de ácido fosfórico al 35%, de acuerdo a los parámetros de valoración empleados.
4. La aplicación de un adhesivo autograbante previo al cementado dio lugar a las interfases adhesivas con mejores características, más aún cuando se realizó tratamiento previo con ácido ortofosfórico.
5. Es conveniente complementar este trabajo con otros estudios ampliando el tamaño muestral, incorporando otros cementos autoadhesivos, y realizando otro tipo de análisis, tanto morfológicos como mecánicos, para poder establecer, de un modo más concluyente, las características y el comportamiento de estos materiales de cementado.



9. BIBLIOGRAFÍA

1. Nicholson JW, McKenzie M. The properties of polymerizable luting cements. *J Oral Rehabil* 1999; 26(10): 767-774.
2. Fraga R, Luca-Fraga L, Pimienta LA. Physical properties of resinous cements: an in vitro study. *J Oral Rehabil* 2000; 27: 1064-1067.
3. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1999; 81 (2): 135-141.
4. Braga R, Cesar PD, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 257-262.
5. Mak YF, Lai SC, Cheung GS, Chan AW, Tay FR, Pashley DH. Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dent Mater* 2002; 18: 609-621.
6. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982; 16: 265-273.
7. Ciencia de los materiales dentales. Kenneth J Anusavice. 11ª Edición, 2004, Elsevier. España.
8. Restauraciones adhesivas no metálicas. Didier Dietschi, Roberto Spreafico. 1ª Edición, 1998, Masson. España.
9. Shimada Y, Yamaguchi S, Tagami J. Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. *Dent Mater* 2002; 18: 380-388.
10. Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T; Van Landuyt K, Maida T, Lambrechts P, Peumans M. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mater* 2007; 23: 71-80.
11. Komine F, Tomic M, Gerds T, Strub JR. Influence of different adhesive resin cements on the fracture strength of aluminum oxide ceramic posterior crowns. *J Prosthet Dent* 2004; 92: 359-364.
12. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lectura. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28 (3): 215-235.



13. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeeck B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004; 20: 963-971.
14. Frankenberg R, Krämer N, Petschelt A. Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent* 2000; 25: 324-330.
15. Piwowarczy A, Bender O, Ottl P, Lauer HC. Long-term bond between dual-polymerizing cementing agents and human bond dental tissue. *Dent Mater* 2007; 23: 211-217.
16. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambill JP, Neumann K, Kielbasa AM. Effect of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentin. *Int Endod J* 2006; 39: 809-818.
17. Pisani-Proença J, Erhardt MC, Valandro LF, Gutiérrez-Aceves G, Bolanos-Carmona MV, Del Castillo-Salmeron R, Bottino MA. Influence of ceramic surface conditioning and resin cements on microtensile bond strength to a glass ceramic. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 412-427.
18. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJT. Self-adhesive resin cements – chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil* 2010.
19. Mazzitelli C. Evaluación de la unión entre cementos resinoso auto-adhesivos y la dentina [Tesis doctoral]. España. Universidad de Granada; 2008.
20. Guarda G, Gonçalves L, Correr A, Moraes R, Sinhoreti M, Correr-Sobrinho L. Luting glass ceramic restorations using a self-adhesive resin cement under different dentin conditions. *J Appl Oral Sci* 2010; 18(3): 244-8.
21. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. *Dent Mater J* 2007; 26(6): 906-914.
22. Gerth HU, Dammaschke T, Züchner H, Schäfer E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites – a comparative study. *Dent Mater* 2006; 22: 934-941.
23. Erdemir U, Sar-Sancakli H, Yildiz E, Ozel S, Batur B. An in vitro comparison of different adhesive strategies on the micro push-out bond strength of a glass fiber post. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2010.



24. Mazzitelli C, Monticelli F, Toledano M, Ferrari M, Osorio R. Dentin treatment effects on the bonding performance of self-adhesive resin cements. *Eur J Oral Sci* 2010; 118: 80-86.
25. De Souza Costa CA, Hebling J, Randall RC. Human pulp response to resin cements used to bond inlay restorations. *Dent Mater* 2006; 22: 954-962.
26. Glasspoole EA, Erichson EL, Davidson CL. Effect of surface treatments on the bond strength of glass ionomers to enamel. *Dent Mater* 2002; 18: 454-462.
27. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int* 1993; 24: 618-631.
28. Titley K, Chernecky R, Maric B, Smith D. Penetration of a dentin bonding agent into dentin. *Am J Dent* 1994; 7: 190-194.
29. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 1992; 71: 1530-1550.
30. Mc Comb D, Smith CD : A preliminary scanning electron microscopy study of root after endodontic procedures. *J Endod* 1975; 1: 238-242.
31. Suaquita VE. Fuerza de adhesión de una resina compuesta indirecta con diferentes tratamientos de superficie utilizando un cemento autoadhesivo sobre esmalte, estudio in vitro [Tesis doctoral]. Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2007.
32. Huang TG, Schilder H, Nathanson D. Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin. *J Endod* 1992; 18: 209-215.
33. Rosen H. Operative procedures on multiluted endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1961; 11: 973-986.
34. Helfer AR, Melnich S, Shilder H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 34: 661-670.
35. Casanellas JM. Parte II: Reconstrucción de dientes endodonciados. Capítulo 3: Generalidades sobre los dientes endodonciados. *Gaceta dental digital*. 2005. (47-55).
36. Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M, Osorio R, Tay FR, Patri C. Effect of simulated pulpal pressure on dentin



- permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dent Mater* 2007; 23: 705-713.
37. Hosaka K, Nakajima M, Yamauti M, Aksornmuang J, Ikeda M, Foxton RM, Tay FR, Pashley DH. Effect of simulated pulpal pressure on all-in-one adhesive bond strengths to dentin. *J Dent* 2007; 35: 207-213.
38. Elgalaid TO, Youngson CC, McHugh AF, Hall AF, Creanor SL, Foye RH. In vitro dentin permeability: the relative effect of a dentin bonding agent on crown preparations. *J Dent* 2004; 32: 413-421.
39. Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley DH. Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vitro. *J Endod* 1995; 21: 191-194.
40. Tay FR, Pashley DH, Hiraishi N, Imazato S, Rueggeberg FA, Salz U, Zimmermann J, King NM. Tubular occlusion prevents water-treeing and through and through fluid movement in a single-bottle, one step self-etch adhesive model. *J Dent Res* 2005; 84 (10): 891-896.
41. Fogel HM, Marshall FJ, Pashley DH. Effect of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human reticular dentin. *J Dent Res* 1988; 67: 1381-1385.
42. Smith JB, Loushine RJ, Weller RN, Rueggeberg FA, Whitford GM, Pashley DH, Tay FR. Metrologic evaluation of the surface of white MTA after the use of two endodontic irrigants. *J Endod* 2007; 33: 463-467.
43. Hudis SI, Goldstein GR. Restoration of endodontically treated teeth: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 1986; 55:33-38.
44. Stecher T, Munack J, Schwarze T, Geurtsen W. Restauraciones de ceramic en dientes anteriores y posteriores endodonciados. *Quintessence* 2003; 16 (4): 219-231.
45. Gutman JL. The dentin-root complex: Anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 458-467.
46. Bayne SC. Dental restorations for oral rehabilitation-testing of laboratory properties versus clinical performance for clinical decision makin. *J Oral Rehab* 2007; 34: 921-923.
47. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1999; 81 (2): 135-141.



48. Goracci C, Cury AH; Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. *J Adhes Dent* 2006; 8 (5): 327-335.
49. Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Microtensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater* 2006; 22 (2): 45-56.
50. Al-Assaf K, Chakmakchi M, Palaghias G, Karanika-kouma A, Eliades G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. *Dent Mater* 2007; 23: 829-839.
51. Ayad MF. Effect of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin. *J Prosthet Dent* 2001; 85: 67-72.
52. Sano H, Ciucchi B, Matthews WG, Pashley DH. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. *J Dent Res* 1994; 73: 1205-11.
53. Valenzuela V, Bofill S, Kottmann C, Fodich I, Brunet J. Efecto del pulido radicular en la adhesión dentinaria: estudio al microscopio electrónico de barrido (MEB). *Av Periodon Implantol* 2010; 22 (1): 19-25.
54. Osorio R, Erhardt MC, Pimenta LAF, Osorio E, Toledano M. EDTA treatment improves resin-dentin bonds_ resistance to degradation. *J Dent Res* 2005; 84: 736-740.
55. Marshall GW, Yucel N, Balooch M, Kinney JH, Habelitz S, Marshall SJ. Sodium hypochlorite alterations of dentin and dentin collagen. *Surface Science* 2001; 491: 444-55.
56. Perdigao J, Thompson JY, Toledano M, Osorio R. An ultra-morphological characterization of collagen-depleted etched dentin. *Am J Dent* 1999; 12: 250-5.
57. Wang Y, Spencer P. Evaluation of the interface between onebottle adhesive systems and dentin by Goldner-trichrome. *Am J Dent* 2005; 18: 66-72.
58. Spencer P, Wang Y, Katz JL. Identification of collagen encapsulation at the dentin/adhesive interface. *J Adhes Dent* 2004; 6: 91-95.
59. Hashimoto M, Ohno H, Yoshida E, Hori M, Sano H, Kaga M, Oguchi H. Resin-enamel bonds made with selfetching primers on ground enamel. *Eur J Oral Sci* 2003; 111: 447-453.



60. Behr M, Rosentritt M, Regnet T, Lang R, Handel G. Marginal adaptation in dentin of a self-adhesive universal resin cement compared with well-tried systems. *Dent Mater* 2004; 20: 191–197.
61. Cantoro A, Goracci C, Papacchini F, Mazzitelli C, Fadda GM, Ferrari M. Effect of pre-cure temperature on the bonding potential of self-etch and self-adhesive resin cements. *Dent Mater* 2007; 24 (5): 577-583
62. Erhardt MC, Osorio R, Toledano M. Dentin treatment with MMPs inhibitors does not alter bond strengths to cariesaffected dentin. *J Dent* 2008; 36: 1068–1073.
63. Monticelli F, Osorio R, Mazzitelli C, Ferrari M, Toledano M. Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. *J Dent Res* 2008; 87: 974–979.
64. Wilson PR. The effect of die spacing on crown deformation and seating time. *Int J Prosthodont* 1993; 6(4): 397-401.
65. Wilson PR. Effect of increasing cement space on cementation of artificial crowns. *J Prosthet Dent* 1994; 71(6): 560-4.
66. Wu JC, Wilson PR. Optimal cement space for resin luting cements. *Int J Prosthodont* 1994; 7(3): 209-215.
67. Gavelis JR, Morency JD, Riley ED, Sozio RB. The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seal of full crown preparations. *J Prosthet Dent* 1981; 45: 138-145.